Е.П. Левитан

# АСТРОНОМИЯ

11

АСТРОНОМИЯ Е.П. Левитан 11

Кояш системасында берденбер йолдыз — ул да булса Кояш үзе. Безнең гаять зур протуберанецлы яктырткычыбызның мондый гадәттән тыш күренеше «Скайлеб» (АКШ) орбиталь космик станциясеннән ультрамиләүшә нурларда фотога төшерелгән.

Хаббл исемендәге космик телескоп белән төшерелгән бихисап йолдызларга карап хозурланган чакта М. В. Ломоносовның хиссиятле бер шигырен искә төшерегез:

Күк ачылды — биниһая тулы йолдыз,
Бихисаптыр алар — күк бит төпсез.

Е. П. ЛЕВИТАН

# АСТРОНОМИЯ

11

Татар урта гомуми белем бирү мәктәбенең
11 нче сыйныфы өчен дәреслек

*Россия Федерациясе
Мәгариф министрлыгы тарафыннан
тәкъдим ителгән*

Казан • «Мәгариф» нәшрияты
Москва • «Просвещение»
2005

УДК 373.167.1:52*11
ББК 22.6 я721
Л36

**Автор багышламасы**

Татар телендә басылып чыккан астрономия дәреслеген астрономия фәнен үстерүгә зур өлеш керткән Казан шәһәренең 1000 еллыгына багышлауны үземнең күркәм бурычым дип саныйм. Моның өчен Казан университеты каршындагы Энгельгардт обсерваториясенең күзәтүләре һәм күк механикасы өлкәсендәге теоретик хезмәтләре белән танылган астрономнарны искә төшерү дә җитә.

*Мәскәү, 2005 ел, 23 июнь*

**Левитан Е. П.**

Астрономия : Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений / Е. П. Левитан.— 9-е изд.— М.: Просвещение, 2005.

*Охраняется Законом РФ «Об авторском праве и смежных правах». Воспроизведение всей книги или ее части на любых видах носителей запрещается без письменного разрешения издательства.*

Переводное издание учебника выпущено в свет по Лицензионному договору 3/73 от 04.07.2005 г. Экземпляры переводного издания подлежат распространению исключительно в Республике Татарстан, а также среди татарской диаспоры на территориях других субъектов Российской Федерации.

**Левитан Е. П.**

Л36 Астрономия : Татар урта гомуми белем бирү мәкт. 11 нче с-фы өчен д-лек / Е. П. Левитан ; Русчадан А. К. Тимергалин тәрж.— Казан : Мәгариф, 2005.— 231 б.: рәс. б-н.
ISBN 5-7761-1579-5

ISBN 5-7761-1579-5

© Издательство «Просвещение», 2002
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2004
Все права защищены
© Татарчага тәрҗемә, «Мәгариф» нәшрияты, 2005, үзгәрешләр белән

## ДӘРЕСЛЕК БЕЛӘН НИЧЕК ЭШЛӘРГӘ

11 нче сыйныфта сез яңа уку фәнен — астрономияне өйрәнәчәксез. Астрономия курсы мөһим эш башкара — ул табигать турындагы фәннәрнең нигезләрен өйрәнгәндә алган белемнәрне гомумиләштерә, сезнең физика-математика буенча һәм фәлсәфи белемнәрегезне тулыландыра.

Галәм турындагы фәннең нигезләрен өйрәнеп, сез йолдыз һәм планеталарның табигате белән, Кояш системасының һәм йолдыз системаларының төзелеше белән танышырсыз, күзәтелә торган күп кенә астрономик күренешләрне дөрес аңларга өйрәнерсез, астрономнарның күк җисемнәренә кадәр ераклыкларны, аларның зурлыгын, массасын, температурасын, химик составын ничек билгеләүләрен һәм шулай ук хәзерге физика казанышлары нигезендә дөньяның астрономик картинасы турындагы карашның ничек формалашуын белерсез.

Бу астрономия дәреслегенең нигезенә төрле фактлар, законнар һәм теорияләр салынган. Сез шулай ук кайбер фаразлар һәм гипотезалар белән дә танышырсыз; алар бик мавыктыргыч, ләкин әлегә хәл ителмәгән фәнни мәсьәләләр белән бәйләнгәннәр.

Уку материалын үзләштерү өчен, теге яки бу параграфта язылганнарны укып чыгу һәм анда бирелгән мәсьәләләрне чишәргә өйрәнү генә җитми, аны җентекләп тикшерергә, иң элек анда очраган яңа төшенчәләргә һәм шул ук вакытта сезгә табигать белеменнән, географиядән, физикадан һәм тарихтан таныш булган төшенчәләрне тирәнәйтүгә игътибар итәргә кирәк, һәр астрономик күренешнең һәм процессның асылына төшенү, төрле типтагы күк җисемнәренең төп үзенчәлекләрен аңлау зарури.

Дәреслек материалны актив рәвештә өйрәнүне күздә тота, һәм шуңа күрә еш кына сезнең үзегезгә өстәмә сызымнар яки схемалар ясарга да, китапта сөйләнгәннәр яки һәр параграф ахырындагы сораулар һәм биремнәр буенча аерым билгеләмәләр һәм нәтиҗәләр чыгарырга да туры килер. Алар китаптагы материалның дәвамы булып хезмәт итә, фәкать кайберләре генә теге яки бу билгеләмәне яисә кагыйдәне кабатлап әйтеп бирүегезне сорый.

Нигездә исә алар сезгә өйрәнелә торган материалны иҗади үзләштерергә:

башка уку фәннәрен өйрәнгәндә алынган белемнәргә таянып, яңа мәгълүматларны системага салырга;

дөньяга караш өлкәсендә тиешле нәтиҗәләр ясарга;

мөстәкыйль рәвештә астрономик күзәтүләр башкарырга тәкъдим итәләр.

Уку материалын бәян иткәндә, күп кенә параграфларда тиешле хисаплаулар китерелми, ләкин аларны башкару юллары аңлатып кителә. Бу күрсәтмәләргә нигезләнеп, кирәкле хисап эшләрен сез үзегез дә үти аласыз.

Йолдызчык белән тәмамланган сорау һәм биремнәр, текст бүлекләре һәркем өчен түгел, бәлки астрономия белән кызыксынучылар өчен билгеләнгән.

Биш бүлекнең һәркайсы, бирелгән теманы өйрәнгәч, сезгә белү һәм үзләштерү файдалы булган нәрсәләр исемлеге белән тәмамлана.

Бөтенесен дә үзләштергән булуыгызны тикшерегез һәм, әгәр җавап биргәндә икеләнеп калсагыз, тиешле текстка әйләнеп кайтыгыз да аны тагын бер кат игътибар белән өйрәнегез.

Дәреслекнең бу үзенчәлеге сезгә материалны тирәнтенрәк үзләштерергә, китап белән эшләү өчен файдалы күнекмәләр алырга һәм шулай ук астрономия белән кызыксынучыларны астрономия буенча фәнни-популяр әдәбият укырга мәҗбүр итәр (кайбер китаплар дәреслеккә кушымта итеп бирелгән исемлектә күрсәтелә). Кызыксынган укучылар өстәмә материалны «Астрономия» буенча альбом-дәфтәрдә табарлар. Бу дәфтәр белән эшләү дәреслек чикләрен шактый киңәйтер һәм сезгә астрономия белән космонавтикадагы иң яңа казанышларны белергә мөмкинлек бирер.

Күзәтүләр — астрономия курсының аеруча мөһим өлеше. Шуңа күрә мөстәкыйль рәвештә күзәтүләр белән шөгыльләнергә тырышыгыз. Моның өчен агымдагы елга чыгарылган «Мәктәп астрономия календаре» сатып алыгыз, IV кушымтада бирелгән текстны игътибар белән өйрәнгәч, йолдызлы күк йөзенең күчмә картасын ясагыз. Әгәр дә кул астыгызда бинокль яки мәктәп телескобы булса, күзәтүләр тагын да файдалырак һәм мавыктыргыч булыр.

Сезгә зур уңышлар телибез!

# I. АСТРОНОМИЯГӘ КЕРЕШ

## § 1. АСТРОНОМИЯ ФӘНЕ

**1. Астрономия нәрсәне өйрәнә.** Астрономия — Галәм турындагы фән ул. «Астрономия» дигән сүз ике грек сүзеннән тора: астрон — йолдыз һәм номос — закон.

*Астрономия күк җисемнәренең хәрәкәтен, аларның табигатен, ничек барлыкка килүләрен һәм үсешләрен өйрәнә.* Галәмдә күк җисемнәре теге яки бу дәрәҗәдә катлаулы система төзи. Мәсәлән, Кояш һәм аның тирәсендә хәрәкәт итүче күк җисемнәре Кояш системасын тәшкил итә. Җир — шундагы планеталарның берсе. Сез планеталарның Кояш яктысын чагылдырып яктыртуларын беләсез инде. Алардан аермалы буларак, Кояш — үзлегеннән яктылык чыгаручы күк җисеме, ул — Кояш системасында бердәнбер йолдыз.

Гади күзгә күренә торган йолдызлар безнең Галактикага кергән йолдызларның ифрат аз өлешен генә тәшкил итәләр. Безнең Галактикадан тыш, башка галактикалар да бар. Иң якын галактикаларның яктысы безгә миллион еллар буена килә.

Күк җисемнәре туктаусыз хәрәкәттә, үсеш-үзгәрештә булалар. Планеталарның, йолдызларның һәм галактикаларның үз тарихы бар, еш кына ул тарих миллиард еллар белән исәпләнә.

Табигать турындагы иң мавыктыргыч һәм гүзәл фәннәрнең берсе булган астрономия хәзергене генә өйрәнеп калмый, бәлки безне чолгап алган мегадөньяның ерак үткәннәрен дә тикшерә, шулай ук Галәмнең киләчәге турында фәнни картина төзергә дә мөмкинлек бирә.

**2. Астрономиядә күзәтүләрнең роле.** *Күзәтүләр — күк җисемнәре һәм Галәмдә булып торган процесслар һәм күренешләр турында мәгълүмат алу өчен төп чыганак ул.* Күзәтү эшләрен башкару өчен, күп кенә илләрдә махсус фәнни-тикшерену оешмалары — астрономик обсерваторияләр төзелгән. Россиядә аларның саны берничә дистә: Россия Фәннәр академиясенең Баш астрономик обсерваториясе — Пулководагы обсерватория (Санкт-Петербургта), Махсус астрофизик обсерватория (Төньяк Кавказда), П. К. Штернберг исемендәге дәүләт астрономия институты (Мәскәүдә). Татарстанда исә Энгельгардт

исемендәге астрономик обсерватория (Казаннан 20 километр чамасы ераклыкта) һәм Казан дәүләт университеты каршында тагын бер обсерватория эшләп килә *(тәрж.)*.

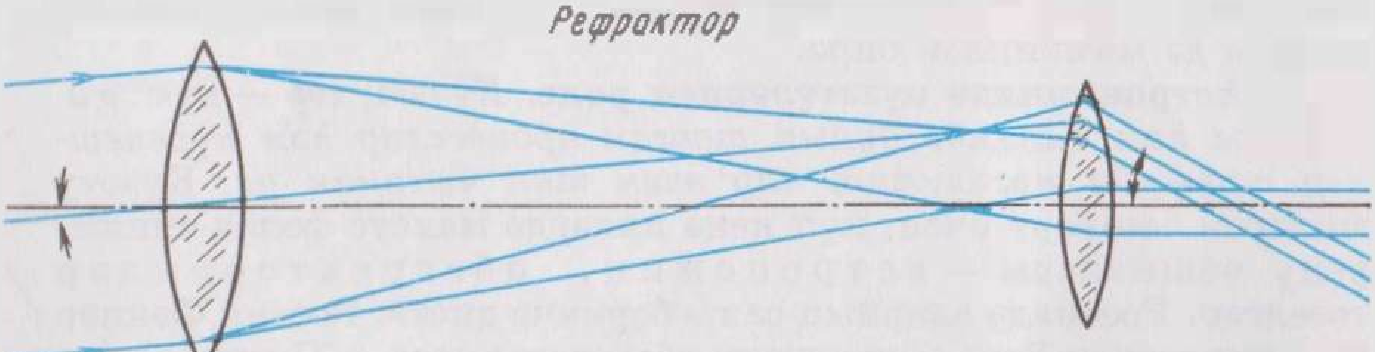
Хәзерге заман обсерваторияләре зур-зур оптик телескоплар белән җиһазландырылган. Мондый телескоплар — бик зур, катлаулы һәм шактый нык автоматлаштырылган инструментлар алар.

*Телескоп* күк җисемнәренең *күренү почмагын зурайта* һәм күк яктырткычыннан килә торган *яктылыкны*, күзәтүче кеше күзенә караганда, *күп тапкырлар күбрәк җыя*. Шуңа күрә, телескоптан карап, Җиргә иң якын күк җисемнәре өстендәге гади күзгә күренми торган вак детальләрне дә күзәтергә һәм күпләгән тонык яктырышлы йолдызларны күрергә мөмкин.

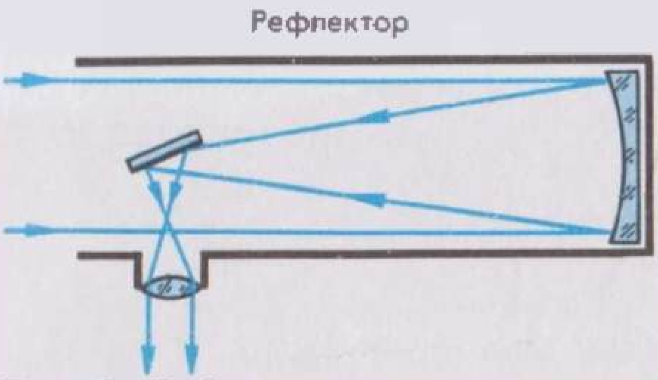
Астрономиядә күктәге объектлар арасындагы ераклыкны күзәтү ноктасыннан шул объектларга юнәлгән нурлар арасындагы почмак белән үлчиләр. Мондый ераклык почмакча ераклык дип атала, ул градуслар һәм аның өлешләре белән күрсәтелә. Күктә бер-берсеннән кимендә 1—2″ почмакча ераклыкта торган ике йолдызны гади күз белән бер-берсеннән аерып күреп була. Зур телескоплардан исә почмакча ераклыклары секундның йөзенче һәм хәтта меңенче өлешләрен генә тәшкил иткән йолдызларны да күзәтәләр (10 км чамасы ераклыктан караганда шырпы кабы 1″ лы почмак ясап «күренә»).

Оптик телескопларның берничә тибы бар. Яктылык сыну күренеше файдаланыла торган рефрактор-телескопларда (рәс. 1) күк җисемнәреннән килгән нурларны линза (яки линзалар системасы) җыя. Рефлектор-телескопларда (рәс. 2) моны батынкы көзге эшли, ул, нурларны кире кайтарып, бер фокуска туплый ала. Көзгеле-линзалы телескопларда (рәс. 3) бу эшне көзгеләр һәм линзалар җыелмасы башкара. Телескопта кире әйләнгән сурәт килеп чыга.

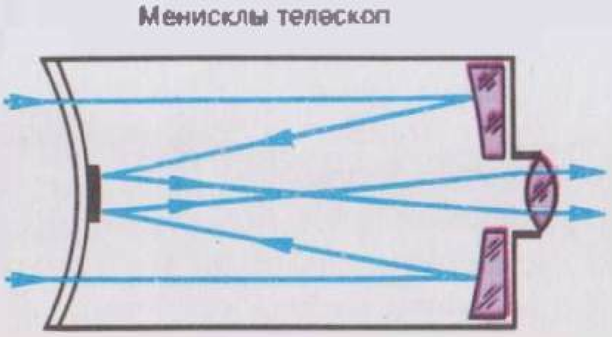
Телескоплар ярдәмендә *визуаль* һәм *фотографик күзәтүләр* генә түгел, бәлки күбесенчә бик югары төгәллек белән *фотоэлектрик* һәм *спектраль* күзәтүләр дә башкарыла. Күктәге




**Рәс. 1. Рефрактор-телескопларда нурлар йөреше.**




**Рәс. 2. Рефлектор-телескопларда нурлар йөреше.**




**Рәс. 3. Көзгеле-линзалы телескопларда нурлар йөреше.**

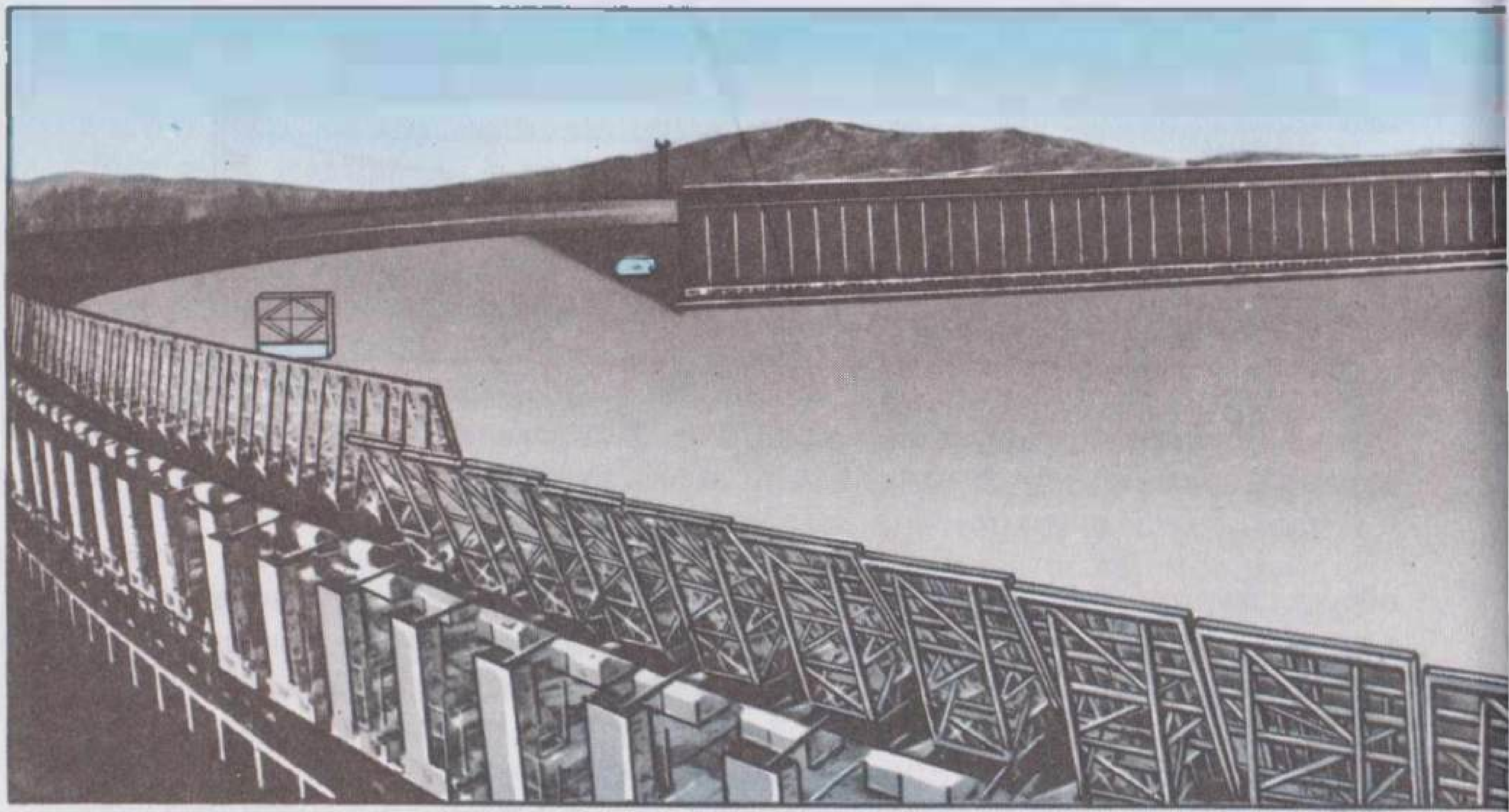
объектларны фотога төшерү өчен җайланган телескопларны *астрограф* дип атыйлар. Визуаль күзәтүләргә караганда фотографик күзәтүнең күп кенә өстенлекләре бар. Аның төп өстенлекләренә болар керә: *документальлек* — күзәтелә торган күренеш һәм процессларны теркәп калу һәм алынган мәгълүматны озак саклау мөмкинлеге; *моменталь булуы* — шушы мизгелдә булган кыска вакытлы күренешләрне теркәү мөмкинлеге; *колачлы (панорамалы) булуы* — фотопластинкага берьюлы берничә объектны һәм аларның үзара торышын төшереп алу мөмкинлеге; *интегральлек* — көчсез чыганактан килгән яктылыкны җыя-туплый бару мөмкинлеге; алынган сурәтнең *җентекле* (вак детальләргә бай) булуы.

Күк җисемнәренең температурасы, химик составы, магнит кырлары турындагы, шулай ук җисемнәрнең хәрәкәте турындагы мәгълүматны *спектраль күзәтүләрдән* алалар. Сез физика курсында башлангыч нигезләрен өйрәнәчәк спектраль анализ астрономия өчен гадәттән тыш зур әһәмияткә ия.

Яктылыктан башка, күк җисемнәре яктылык дулкыннарына караганда озынрак электромагнитик дулкыннар да *(инфракызыл нурланыш, радиодулкыннар)* яки кыскарак электромагнитик дулкыннар да *(ультрамиләүшә, рентген нурланышлары* һәм *гамма-нурлар)* тараталар.

Кояш системасын, үзебезнең Галактиканы һәм башка галактикаларны өйрәнгәндә ясалган күп кенә ачышлар радиотелескоплар белән бәйле, алар күк җисемнәрен радиодиапазонда тикшерү өчен хезмәт итәләр. Иң зур радиотелескопларның берсе — «РАТАН-600» — Махсус астрофизик обсерваториядә урнаштырылган. Аның антеннасы 600 м диаметрлы әйләнә буенча тезелгән хәрәкәтчел элементлардан (калканнардан) тора (рәс. 4), 6 метрлы рефлектор-телескоп та шунда ук урнашкан (рәс. 5).

Күк җисемнәре тараткан күзгә күренә торган нурланышның шактый өлеше Җир атмосферасында йотыла һәм Җир өслегенә үк килеп җитми. Шуңа күрә *Җир өстендә торып*

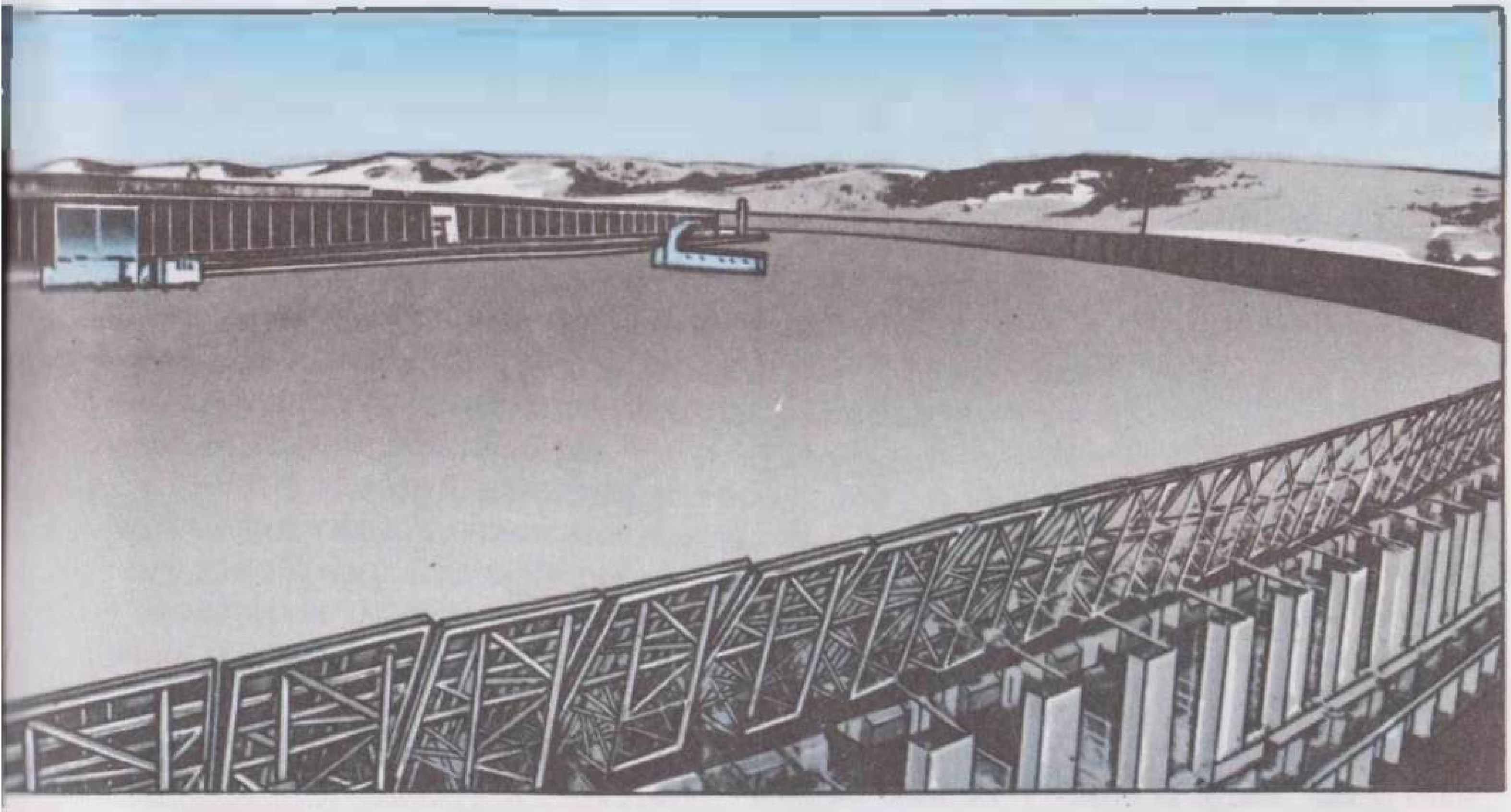


**Рәс. 4. Махсус астрофизик обсерваториянең «РАТАН-600» радиотелескобы.**

*күзәтүләрне атмосферадан тыш* күзәтүләр белән тулыландырырга туры килә, алар исә Җирнең ясалма иярченнәрен, автомат планетаара станцияләрне һәм орбиталь фәнни станцияләрне уңышлы төстә космоска җибәрү аркасында мөмкин булды. Аларга куелган астрономик җиһазлар күк җисемнәрен барлык озынлыктагы дулкын диапазоннарында тикшерә ала. Россиядә һәм башка илләрдә җибәрелгән «Астрон», «Гранат», Хаббл исемендәге космик телескоп һ. б. кебек орбиталь станцияләр ярдәмендә мөһим фәнни нәтиҗәләргә ирешелде. Шулай итеп, *астрономия оптик астрономиядән һәрдулкынлы астрономиягә әйләнде.*

Мәктәптә сез иң гади астрономик күзәтүләрне генә башкара аласыз. Ләкин алар һәммәсе дә кирәкле. Физика буенча күргәзмә тәҗрибәләр һәм лаборатор эшләр үтәмичә генә физик күренешләрнең һәм законнарның асылын тирәнтен аңлап һәм ныклап үзләштереп булмаган кебек, мәктәптә астрономик күзәтүләрдән башка гына астрономиянең нигезләрен яхшылап үзләштерү мөмкин түгел.

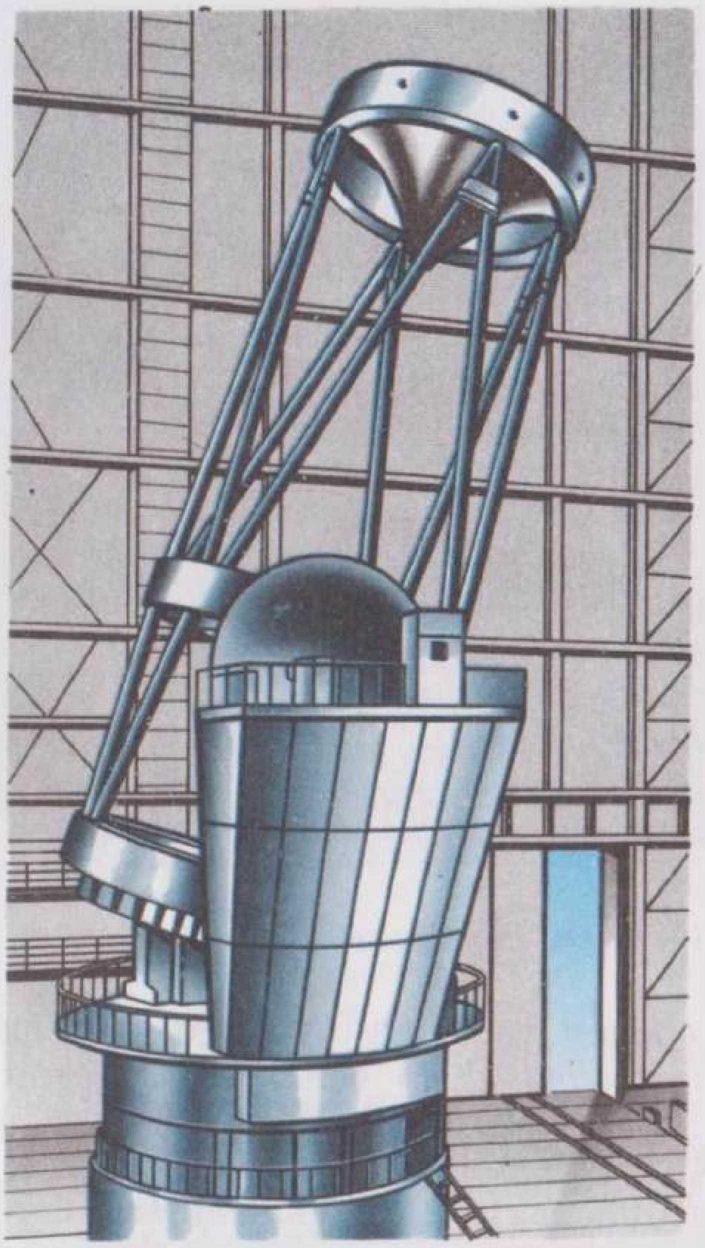
**3. Астрономиянең башка фәннәр белән бәйләнеше. Астрономиянең әһәмияте.** Хәзерге астрономия — фундаменталь физика-математика фәне һәм аның үсеше фән-техника үсеше белән аерылгысыз бәйләнгән. Астрономиянең алга әйдәүче тармагы — күк җисемнәренең табигатен өйрәнә торган а с т р о ф и з и к а мисалында моны аеруча калку итеп күрсәтергә мөмкин. Узган гасырда фотография һәм спектраль анализ



ачылганга кадәр, күк җисемнәренең табигате турында бик аз нәрсә мәгълүм иде. Безнең көннәрдә Җир өслегендә торган килеш һәм атмосферадан тыш күзәтүләр Җир тирәсендәге космик фәзада (пространствода) Айда, Венерада һәм Марста үткәрелгән тәҗрибәләр белән тулыландырылган, ә алынган мәгълүматлар электрон-хисаплау машиналарында эшкәртелеп, физика, математика, химия һәм башка фәннәрнең иң яңа казанышларын исәпкә алып тикшерелгән бервакытта, астрофизика чәчәк ату чоры кичерә. Күзәтү нәтиҗәләрен аңлатуда галимнәрнең фәлсәфи карашлары мөһим урын тота. *Галәмдә күзәтелә торган объектларның, күренешләрнең һәм процессларның асылына төшенү микродөнья белән мегадөньяның катлаулы бәйләнешын дөрес аңлап, дөньяның хәзерге заман астрономик картинасын сурәтләп бирү өчен кирәк.*

Ләкин астрономия башка фәннәргә таянып кына калмый, бәлки аларның да үсешенә булышлык итә. Мәсәлән, астрофизика Җир физикасына температуралар, басым һәм тыгызлык бик югары яки бик түбән булган, шулай ук магнит кырлары төрлечә булган шартларда матдәнең халәте турында кыйммәтле мәгълүмат бирә. Галәм гаять зур физика лабораториясенә әйләнгәндәй була, һәм анда табигать үзе Җирдәгедән кискен аерылып торган шартларда матдәнең үз-үзен тотышын өйрәнергә мөмкинлек тудыра.

Күк механикасы (астрономиядә күк җисемнәренең хәрәкәт итү законнарын тикшерә торган бүлек) мәсьәләләрен чишү



Рәс. 5. Россия Фәннәр академиясенең Махсус астрофизика обсерваториясендә урнашкан, Европадагы иң зур (көзгесенең диаметры 6 м) рефлектор-телескоп. Соңгы елларда 8 һәм 10 метрлы рефлекторлар (Чилида, Гавай һәм Канар утрауларында, шулай ук кайбер башка обсерваторияләрдә) сафка басты.

математиканың бик мөһим өлкәләренә барлыкка килүгә һәм аларның үсешенә дә ярдәм итте. Күк механикасы законнары космик аппаратлар хәрәкәт итү теориясе өчен нигез булып хезмәт итәләр. Космик траекторияләрне хисаплаганда, Җирнең, Кояшның һәм яннарыннан космик корабль очып үтә торган башка күк җисемнәренең тарту көчләре, шулай ук корабль юнәлгән Ай һәм планетадагы физик шартлар (ирекле төшү тизләнеше, атмосфераның химик составы һәм аның температурасы) исәпкә алына. Очыш вакытында маяк булып Кояш, якты йолдызлар, Җир һәм башка планеталар хезмәт итә.

Ниһаять, Галәмнең төзелеше һәм эволюциясе, анда кешенең тоткан урыны турында астрономия биргән мәгълүматлар дөньяга фәнни карашның аерылгысыз бер өлешен тәшкил итәләр.

Астрономия — иң борынгы фәннәрнең берсе. Ул башка барлык фәннәрдән дә алданрак кешенең тормыш-көнкүреш ихтыяҗларыннан үсеп чыккан. Моннан алты мең еллар чамасы элек үк инде мисырлылар үзләренең календарен астрономик

күренеш белән бәйлиләр. Нил елгасының ташуы Кояш чыгар алдыннан гына офыкта Сириус (мисырлылар телендә Сотис) йолдызы калкуына туры килгәнлеккә игътибар итәләр. Бу күзәтү Мисыр календареның нигезенә салына.

Борынгы заманнарда ук кешеләр ерак сәяхәтләр вакытында төнлә йолдызларга, ә көндезен Кояшка карап ориентлашканнар. Астрономик күзәтүләр хәзер дә халык хуҗалыгының мөһим мәсьәләләрен хәл итү өчен файдаланыла. Вакытны үлчәү, төгәл географик карталар төзү, һәртөрле геодезик эшләр башкару, диңгездә йөзгәндә, һавада очканда һәм галәм киңлекләрендә күк яктырткычларына карап ориентлашу шундый мәсьәләләр исәбенә керә.

Ләкин хәзерге вакытта астрономиянең әһәмияте һич тә болар белән генә чикләнми. Айны һәм Кояш системасы планеталарын өйрәнү Җиребезне яхшырак белергә ярдәм итә. Җир тирәсендәге космик фәза һәм Җиргә иң якын күк җисемнәре инде кеше эшчәнлеге даирәсенә кереп киләләр. Киләчәктә Галәмне үзләштерү кеше яши торган мохитне киңәйтергә мөмкинлек бирәчәк, бу исә, аерым алганда, экология мәсьәләләрен хәл итүне җиңеләйтәчәк.

*Космонавтика* астрономия каршына яңа таләпләр куя. Кояш системасындагы күк җисемнәренә кадәр булган ераклыкларны зур төгәллек белән үлчи белергә, планетаара очышлар өчен кулай вакытларны сайлый белергә, космик ракеталар орбитасында иң хәтәр урыннарны белергә, ясалма күк җисемнәренең иң уңай (оптималь) траекторияләрен сайлый белергә кирәк. Шул рәвешле, астрономия кешеләр өчен бик кирәкле фән икән. Сезнең арагыздан астрономия, геодезия һәм картография өлкәсендә белгеч булырга теләүчеләр, үзләрен диңгезчелеккә, авиациягә, табигатьне саклауга, космик тикшеренүләргә багышлаучылар астрономиянең күп кенә мәсьәләләрен җентекләбрәк һәм тирәнрәк өйрәнер. Ә Галәм төзелеше һәм аның эволюциясе турында гомуми белемнәргә хәзерге заманда һәркем ия булырга тиеш.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Табигать белеме, биология, физика, тарих фәннәрен өйрәнгәндә, сез астрономиягә кагылышлы нинди мәгълүматлар алдыгыз — шуларны исегезгә төшерегез. 2. Сез инде өйрәнгән табигать фәннәре белән чагыштырганда, астрономиянең объектлары һәм тикшеренү ысуллары нинди үзенчәлекләргә ия? 3. Сезгә күк җисемнәренең нинди иң әһәмиятле төрләре билгеле? 4. Астрономиядә күзәтүләрнең роле нинди һәм алар нинди кораллар ярдәмендә башкарыла? 5. Галәмне өйрәнүдә космонавтиканың роле нинди? 6*. Астрономия белән башка фәннәрнең үзара бәйләнешен күрсәтә торган схема сызыгыз. 7*. Астрономиянең фәлсәфи, фәнни һәм гамәли әһәмиятен күрсәтә торган схема сызыгыз. 8. IV кушымтадагы инструкциядән файдаланып, «Мәктәп астрономия календаре»нда бирелгән күк йөзенең күчмә картасын ясагыз.

## § 2. ЙОЛДЫЗЛЫ КҮК ЙӨЗЕ

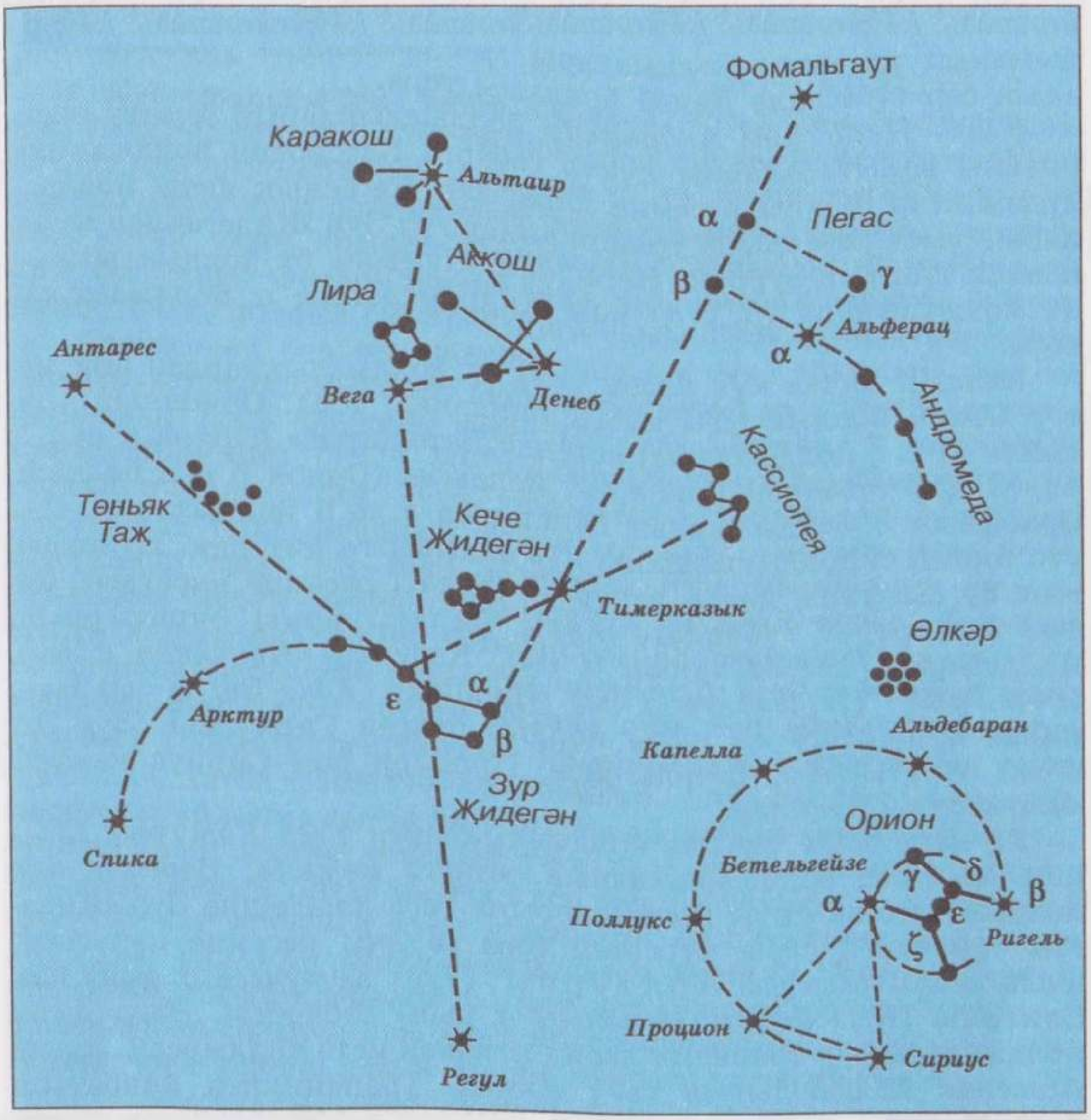
**1. Нәрсә ул йолдызлык.** Айсыз аяз төнне шәһәрдәге урам фонарьлары яктысыннан ерак җирдә, безнең күз алдыбызда йолдызлы күк йөзенең мәһабәт күренеше ачыла. Беренче карашка, йолдызлар сибелгән күк йөзендә һичбер тәртип юк сыман. Ә күпләрнең йолдызларны беләселәре, танышсылары килә. Күк йөзен белү кызыклы да, файдалы да. Кешеләр игътибарын ул борын-борынгыдан ук җәлеп итеп килгән. Мең еллар элек кешеләр иң якты йолдызларны күңелдән төрле-төрле фигуралар (йолдызлыклар) рәвешендә тоташтырганнар һәм аларны борынгы риваятьләр һәм мифларның каһарманнары исеме белән атаганнар. Йолдызлыклар турында төрле халыкның үз мифлары һәм риваятьләре яшәгән, йолдызлыкларны һәр халык үзенчә атап йөрткән, шул ук вакытта төрле халыкларда йолдызлыкларның саны да төрлечә исәпләнгән.

Хәзерге вакытта бөтен күк йөзе шартлы рәвештә 88 өлешкә бүленеп, һәрберсенең бик төгәл билгеләнгән чикләре бар. Менә шушы бүлемтекләрне йолдызлыклар дип атыйлар, һәм *бүлемтек чикләре эчендә урнашкан барлык йолдызлар да шул йолдызлыкка карый дип исәпләнә.* Мәсәлән, Зур Җидегән йолдызлыгына һәркемгә таныш булган «чүмеч» йолдызлары гына түгел, бәлки бик күп башка тонык йолдызлар да керә.

Йолдызларның теге яки бу йолдызлыкка каравы Җирдәге күзәтүченең ул йолдызларны янәшә торгандай итеп күрүеннән генә килә. Чынлыкта исә мондый янәшәлек, «күршелек» шулай тоела гына, чөнки йолдызлар Галәм киңлегендә бер-берсеннән гаять ерак араларда урнашканнар.

Һәр йолдызлыкта йолдызлар грек алфавиты хәрефләре белән билгеләнә. Аларның беренчесе $\alpha$ (альфа) белән күбесенчә иң якты йолдызны тамгалыйлар, аннары $\beta$ (бета), $\gamma$ (гамма), $\delta$ (дельта), $\varepsilon$ (эпсилон) хәрефләре һ. б. белән билгеләнгән йолдызлар китә. Иң якты йолдызларның үз исемнәре бар: Вега (Лира йолдызлыгының $\alpha$ сы), Сириус (Зур Этнең $\alpha$ сы) һ.б. (XII кушымтаны карагыз).

**2*. Төп йолдызлыклар.** Без урта киңлекләрдә күренә торган барлык йолдызлыкларны да өйрәнүне максат итеп куймабыз, бәлки кайберләре белән генә чикләнербез. Бу вакытта без 6 нчы рәсемнән һәм йолдызлы күк йөзе картасыннан файдаланырбыз (IV кушымтаны карагыз). Иң элек *Зур Җидегәннең* $\beta$ һәм $\alpha$ йолдызлары буенча *Кече Җидегәннең* $\alpha$ сын табыйк (рәс. 6). Бу — Тимерказык (Поляр) йолдызы (Котып йолдызы), Кече Җидегән «чүмеч»енең сабы шуның белән очлана. Тимерказык йолдызы астында офыкта төньяк ноктасы урнашкан. Моны белгәндә, теге яки бу урында ориентлашу, дөнья якларын (төньяк, көньяк, көнчыгыш, көнбатыш) табу ансат. Әгәр Зур Җидегән $\varepsilon$ ыннан Тимерказык йолдызына таба сузылган туры сызыкны дәвам иттерсәк, якты йолдызлары кире әйләнгән М




**Рәс. 6. Төп йолдызлыкларның һәм якты йолдызларның үзара торышын күрсәткән схема.**

хәрефе рәвешендә урнашкан йолдызлыкка килеп чыгарбыз. Бу — Кассиопея (6 нчы рәсемне карагыз). Урта киңлекләрдә Зур Җидегән, Кече Җидегән һәм Кассиопея күктә ел буена офык өстендә күренә. Шуңа күрә йолдызлы күк йөзен өйрәнүне без шушы йолдызлыклардан башладык та. Безне кызыксындыра торган башка йолдызлыкларның күбесен елның билгеле бер вакытында күзәтү яхшырак. Әйтик, җәен һәм көзен кичке күк йөзендә Вега *(Лираның* α сы), Денеб *(Аккошның α сы)*, Альтаир *(Каракошның* α сы) күренә, алар зур бер өчпочмак хасил итәләр (бусы — *җәйге өчпочмак*; күктә ул көз көне дә күренә; 6 нчы рәсемне карагыз). Вега (төньяк күге йөзендә иң якты йолдыз) тирәсендә Лира йолдызлыгының дүрт

йолдызы кечерәк кенә параллелограмм төзиләр. Аккош йолдызлыгының иң якты йолдызлары хач рәвешендә урнашканнар, аның бер түбәсендә Денеб йолдызы тора.

Көз — *Пегас* һәм *Андромеда* йолдызлыкларын күзәтү өчен, уңайлы вакыт. Аларны күктә табарга Кассиопея йолдызлыгы ярдәм итәр (6 нчы рәсемне карагыз). Пегасның якты йолдызлары чүмеч рәвешендә урнашканнар, ул Зур Җидегәннең чүмеченнән шактый зуррак. Пегасның «чүмече» бу йолдызлыкның өч йолдызыннан (α, β, γ) һәм Андромеданың α йолдызыннан тора.

Кышын кичке күк йөзен бизәгән йолдызлыклардан бик матур *Орион* йолдызлыгы күзгә ташланып тора. Орионның «путасы» (δ, ε, ξ йолдызлары) өстендә Бетельгейзе (Орион α сы), ә «пута»дан түбәнрәк Ригель йолдызы (Орион β сы) балкый. Орионның δ йолдызыннан башланып γ, α, β йолдызлары аша үтә торган спираль сызыкны күз алдыбызга китерик. Күңелдән генә бу сызыкны дәвам иттерсәк (6 нчы рәсемне карагыз), без бер-бер артлы түбәндәге якты йолдызларны очратырбыз: Альдебаран *(Үгезбозауның* α сы), Капелла *(Йөкченең* α сы), Поллукс *(Игезәкләр* β сы), Процион *(Кече Эт* α сы) һәм, ниһаять, күктәге иң якты йолдыз булган Сириусны *(Зур Эт* α сы) очратырбыз. Бетельгейзе, Процион һәм Сириус *кышкы өчпочмакны* төзиләр.

Яз көне инде таныш йолдызлыкларга *Үгез Көтүчесе, Кыз* һәм *Арыслан* йолдызлыкларын өстәргә мөмкин. Беренче ике йолдызлыкның якты йолдызларына таба юнәлешне Зур Җидегән чүмеченең сабы күрсәтеп тора (6 нчы рәсемне карагыз), аның дәвамында сез Арктурны (*Үгез Көтүчесе* α сын) һәм Спиканы (*Кыз йолдызлыгының* α сын) табарбыз. Әгәр якты йолдызлары зур трапеция хасил иткәнен истә калдырсак, күктә Арыслан йолдызлыгын табу җиңел. Трапециянең көнбатыш яктагы (уңда, түбәнге) йолдызы — Регул (*Арысланның* α сы), ә сулда түбәнге йолдызы — Денебола. Өч йолдыз (Арктур, Спика, Денебола) *язгы өчпочмакны* төзиләр.

Шулай итеп, әгәр дә сез йолдызлы күк йөзен өйрәнергә телисез икән, бу эш белән бөтен ел әйләнәсендә шөгыльләнергә кирәк. Күкнең күчмә картасы сезгә билгеле бер кичтә кайсы йолдызлыклар һәм якты йолдызлар күренгәнлеген ачыкларга мөмкинлек бирер. Күк йөзеннән сез шуларны эзләрсез дә. Мондый күзәтүләр әллә ни вакыт сорамый, һәм алар табигатьнең камил гүзәллеген тоярга мөмкинлек бирәләр.

**Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр**

1. Нәрсә ул йолдызлык? 2. Сезнең якларда бүген кич белән офык өстендә нинди йолдызлыклар урнашкан? 3. Бу йолдызлыкларның якты йолдызлары ничек дип атала? 4*. Күкнең күчмә картасыннан файдаланып, тәүлек эчендә күк гөмбәзе күренешенең үзгәргәнен ничек белергә?

## § 3. ЙОЛДЫЗЛЫ КҮК ЙӨЗЕНЕҢ ТӘҮЛЕК ЭЧЕНДӘ ҮЗГӘРҮЕ

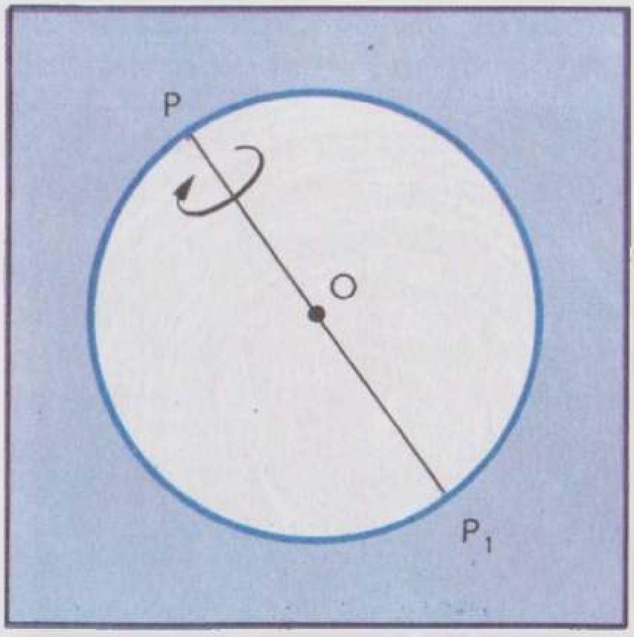
**1. Күк сферасы һәм аның әйләнүе.** 7 нче рәсемдә күк йөзенең Тимерказык йолдызы тирәсендәге өлкәсе күрсәтелгән, аны хәрәкәтсез фотоаппарат ярдәмендә төшереп алганнар. Һәр йолдыз якты дуга рәвешендәге эз калдырган. Барлык дугаларның уртак үзәге янында Тимерказык йолдызы калдырган эз аерылып тора. Фотога төшергәндә, экспозиция вакыты күбрәк булган саен, йолдыз озынрак дуга сыза. Дугаларның һәркайсы үз әйләнәсенең бер үк өлешен тәшкил итә. Мәсәлән, ике сәгатьлек экспозиция белән фотога төшергәндә, дуга озынлыгы әйләнәнең 1/12 өлешенә тигез булачак. Димәк, 2 сәг эчендә күк гөмбәзе $360^\circ : 12 = 30^\circ$ ка борыла, ә тулы әйләнешне ул тәүлек эчендә ясый. Күк гөмбәзенең тәүлеклек әйләнеше вакытында йолдызларның үзара торышы үзгәрми, һәм безгә йолдызлар гаять зур шар өслегенең (сфераның) эчке ягында урнашкан кебек күренә. Чынлыкта бу алай түгел, билгеле: йолдызлар фәзада хәрәкәт итәләр һәм аларга кадәр ераклыклар да төрлечә, ләкин күк яктырткычларының *күренмә* торышлары үзгәрүен һәм күктә тәүлек эчендә яки күп айлар дәвамында күзәтелә торган күренешләрне өйрәнү өчен, астрономнар «күк сферасы» дигән төшенчә кулланалар. Күк сферасы — ирекле радиуслы уйланма сфера ул. Чишәргә кирәкле мәсьәләгә карап, бу сфераның үзәген фәзаның теге яки бу ноктасында урнаштыралар. Аерым алганда, без күрә торган күк сферасы турында *үзәгендә күзәтүченең күзе урнашкан һәм теләгән кадәр зур радиуслы уйланма сфера* дип әйтергә мөмкин. Йолдызларны, Кояш, Ай, планеталарны һ. б., яктырткычка кадәр чын ераклыкка игътибар итмичә һәм алар арасындагы почмакча ераклыкларны гына исәпкә алып, шушы сферага проекциялиләр.

*Күк сферасының без күзәтә торган тәүлеклек әйләнеше (ул көнчыгыштан көнбатышка таба була) — чынбарлыкта*

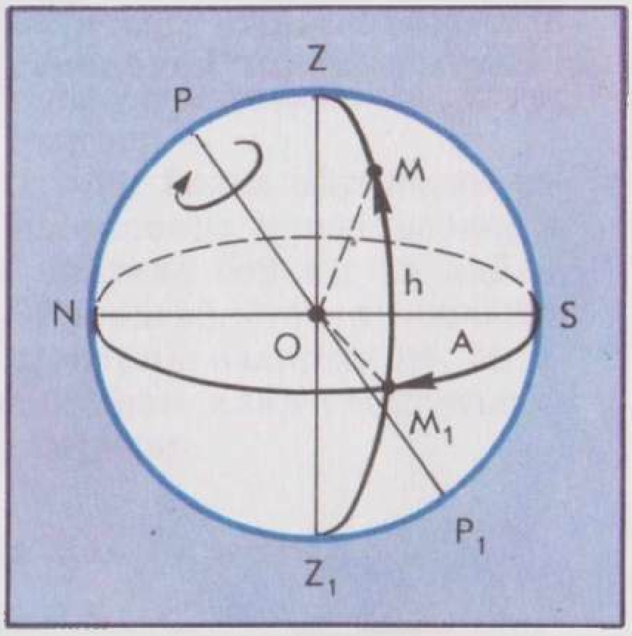
**Рәс. 7. Күкнең Тимерказык йолдызы тирәсе өлкәсенең фоторәсеме.**

*Җир шарының күчәр тирәсендә әйләнешеннән килеп чыккан күренмә хәрәкәт кенә ул (көнбатыштан көнчыгышка таба).* Күк гөмбәзенең күренмә хәрәкәт итү күчәре **дөнья күчәре** дип атала. Әгәр дә без, күк сферасы билгеләмәсенә таянып, дөнья күчәре Җир күчәре белән тәңгәл килә дип исәпләсәк, зур ялгыш җибәрмәбез. Төгәлрәк итеп әйтсәк, дөнья күчәре Җир күчәренә параллель. Дөнья күчәре күк сферасын ике ноктада ($P$ һәм $P_1$ нокталарында) — **дөнья полюсларында** кисеп үтә (рәс. 8). Хәзерге вакытта дөньяның төньяк полюсы тирәсендә Кече Җидегәннең $\alpha$ сы — Тимерказык йолдызы урнашкан.

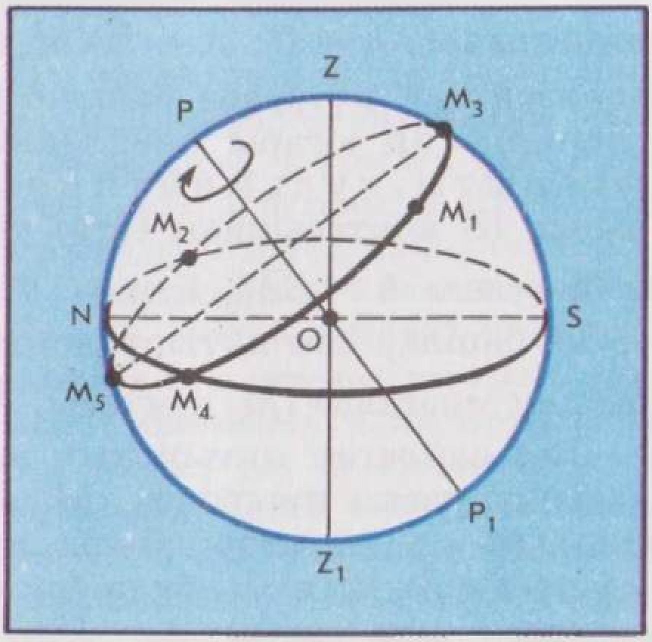
**2. Горизонталь координаталар системасы.** Күк сферасын практикада кулланырга мөмкин булсын өчен, сызымны (рәс. 8) берничә сызык һәм нокталар белән тулыландырыйк (рәс. 9). Җирдә урнашкан күзәтүче һәрвакыт асма ярдәмендә **асма** вертикаль сызыкның юнәлешен билгели ала. Бу сызык күк сферасын ике диаметраль капма-каршы ноктада — **зенитта** ($Z$) һәм **надирда** ($Z_1$) кисеп үтә. Күк сферасының үзәге аша асма сызыкка перпендикуляр үткәрелгән яссылык күк сферасын зур түгәрәк буенча кисеп чыга. Географиядән билгеле булган күренмә горизонттан (офыктан) аермалы буларак, аны **чын горизонт** дип атыйлар. Өч нокта — $Z$, $O$ һәм $P$ нокталары аша бердәнбер яссылык үткәрергә мөмкин, ул күк сферасын **күк меридианы** дип атала торган зур түгәрәк буенча кисеп үтәчәк. Күк горизонты һәм меридиан яссылыклары $NS$ турысы буенча кисешәләр ($N$ һәм $S$ нокталары — тиңдәшле рәвештә **төньяк** һәм **көньяк нокталары**). Аны **төшлек сызыгы** дип атыйлар (төш вакытында Кояш яктырткан әйберләрнең күләгәсе шул юнәлештә төшә). Ниһаять, зенит $Z$, надир $Z_1$ һәм шушы мизгелдә яктырткыч торган нокта ($M$)




**Рәс. 8. Күк сферасы һәм дөнья күчәре.**




**Рәс. 9. Горизонталь координаталар системасы.**




**Рәс. 10. $M_1$ яктырткычының горизонталь координаталары үзгәрү.**

аша күк сферасының зур ярымтүгәрәген үткәрергә мөмкин, аны биеклек түгәрәге яки вертикал дип йөртәләр. *M* яктырткычының горизонтка һәм күк меридианына карата моменталь торышы ике координата: биеклек (h) һәм азимут *(A)* белән билгеләнә, аларны горизонталь координаталар дип атыйлар.

*Яктырткычның биеклеге — шул яктырткычның горизонттан почмакча ераклыгы ул* (вертикалның горизонт сызыгы белән кисешү ноктасыннан алып яктырткычка кадәр булган $M_1M$ дугасы, яки $MOM_1$ үзәк почмагы). Биеклек градуслар, минутлар һәм секундлар белән үлчәнә (0 дән алып 90° ка кадәр). Еш кына *h* ны аңа тиңдәшле *z* (зенит ераклыгы) координатасы белән алмаштыралар, ул яктырткычның зениттан ераклыгын күрсәтә.

$$z = 90^\circ - h \qquad (1)$$

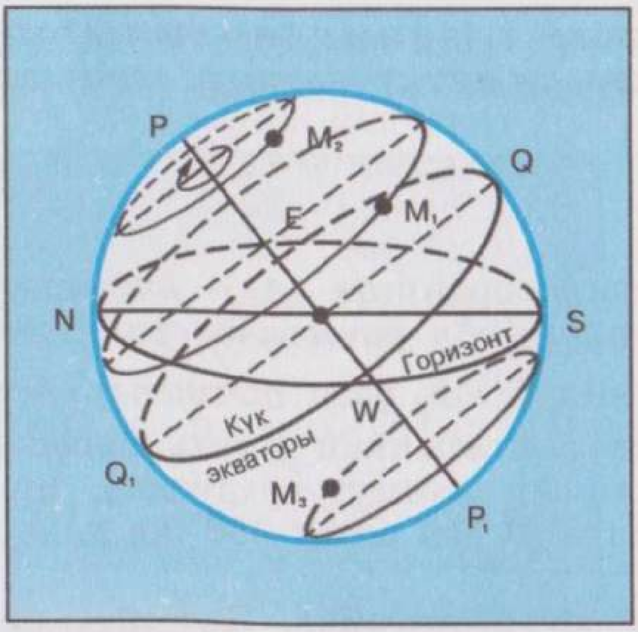
булуы аермачык күренеп тора.

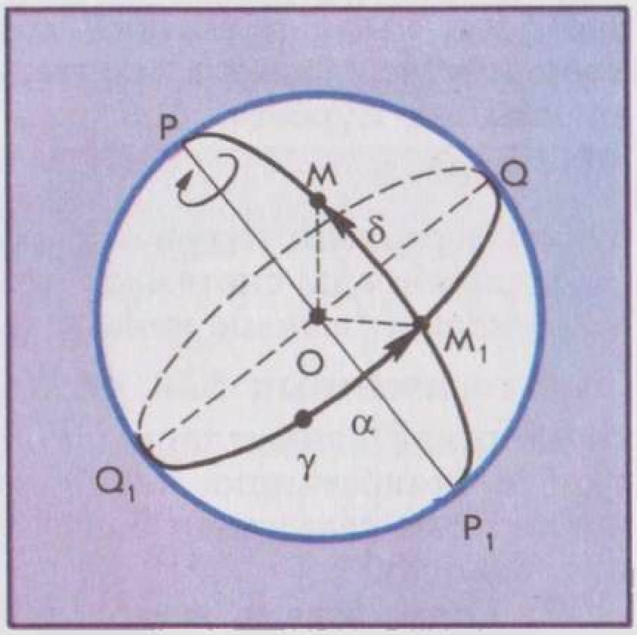
Горизонталь системада икенче координата (*A*) — *яктырткыч вертикалының көньяк ноктасыннан почмакча ераклыгы* (чын горизонтның $SM_1$ дугасы, яки $SOM_1$ үзәк почмагы). Астрономиядә азимутларны көньяк ноктасыннан сәгать йөреше уңаена (көнбатышка таба) исәплиләр. Азимут градуслар, минутлар һәм секундлар белән үлчәнә (0 дән алып 360° ка кадәр интервалда).

**3. Горизонталь координаталарның үзгәрүе. Яктырткычларның кульминациясе.** Күк сферасының әйләнешендә катнашкан хәлдә, $M_1$ яктырткычы гәүдәк эчендә тәүлеклек параллель — күк сферасында кисемлеге дөнья күчәренә перпендикуляр булган кече түгәрәк ясый (рәс. 10). Нindидер бервакыт мизгелендә яктырткыч горизонтның көнчыгыш өлешендә ($M_2$) калкыр. Бу мизгелдә аның горизонталь коор-

динаталары $h = 0^\circ$, $A = \overset{\smile}{SNM_2}$ булыр. Аннары яктырткычыбыз горизонттан күтәрелә башлар һәм күк меридианы аша үткән мизгелдә иң югары биеклеккә ирешер. Бу — яктырткычның югарыгы кульминациясе булыр. Яктырткыч $M_3$ ноктасында ($S$ ноктасыннан өстә) урнашыр. Аның азимуты $A^\circ = 0^\circ$, ә биеклеге $h = \overset{\smile}{SM_3}$ булыр. Аннары яктырткычның биеклеге кими башлар һәм яктырткыч горизонтның көнбатыш өлешендә баткан мизгелдә ($M_4$ ноктасы, $A = \overset{\smile}{SM_4}$) $0^\circ$ ка кадәр кимер.

Без сайлаган яктырткыч алга таба үзенең юлын горизонт астында дәвам иттерәчәк. $M_5$ ноктасында ул яңадан күк меридианын кисеп үтәр. Бусы инде яктырткычның түбәнге кульминациясе була (яктырткыч офыктан түбән, димәк, күзәтүче аны күрми; $A = 180^\circ$). Яктырткыч үз юлының соңгы бүлемтеген — түбәнге кульминация ноктасыннан калку ноктасына кадәр араны уза. Шул рәвешле, без, беренчедән, яктырткычның горизонталь координаталары тәүлек эчендә өзлексез үзгәреп торуына ышандык. Икенчедән, без югарыгы кульминациясе генә горизонттан өстә булган яктырткыч хәрәкәтен тикшердек. Мондый яктырткычлар калка һәм бата торган яктырткычлар дип атала. Ләкин, аермачык күренеп торганча, алардан үзгә буларак, яктырткычларның батмый яки калыкмый торганнары да булырга мөмкин (аларның тәүлеклек параллельләре 11 нче рәсемдә күрсәтелгән).




**Рәс. 11. Калка һәм бата торган ($M_1$), батмый торган ($M_2$), калыкмый торган ($M_3$) яктырткычларның тәүлеклек параллельләре.**

**Рәс. 12. Экваториаль координаталар системасы.**

**Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр**

**1.** Нәрсә ул күк сферасы? **2.** Сез күк сферасының нинди сызыкларын һәм нокталарын беләсез? **3.** Күк сферасының тәүлеклек әйләнешенә безне нинди күзәтүләр ышандыра? **4.** Күк сферасының тәүлеклек әйләнешен Җирнең күчәр тирәли әйләнүенә дәлил итеп карарга буламы? **5.** Ике йолдыз (*A* һәм *B*) бер юнәлештә күренә, гәрчә *A* йолдызы *B* йолдызына караганда безгә ике тапкыр якынрак булса да. Бу йолдызларның башка бер өченче йолдыздан почмакча ераклыгы турында ни әйтергә мөмкин? (Сызымын сызыгыз.) **6.** Горизонталь координаталарны күк йөзенең картасын төзү өчен файдаланып буламы? Җавабыгызны нигезләгез. **7.** Яктырткычның югарыгы һәм түбәнге кульминацияләре нәрсә ул? **8.** «Яктырткычның кульминациясе» дигән төшенчәгә нигезләнеп, калка һәм бата торган, шулай ук калыкмый һәм батмый торган яктырткычларга билгеләмә бирегез. **9.** Күкнең күчмә картасыннан файдаланып, түбәндәгеләрне ачыклагыз: а) Бүген 20 сәг белән 21 сәг арасында кайсы якты йолдызлар кульминациядә булачак? б) Сезнең якларда кайсы йолдызлыклар беркайчан да батмый?

## § 4. ЙОЛДЫЗЛЫ КҮК ЙӨЗЕНЕҢ ЕЛ ӘЙЛӘНӘСЕНДӘ ҮЗГӘРҮЕ

**1. Экваториаль координаталар системасы.** Җир өстендәге теләсә кайсы ноктаның урыны географик координаталар ($\varphi$ һәм $\lambda$ — географик киңлек һәм географик озынлык) белән төгәл билгеләнгән кебек, яктырткычларның күк сферасындагы торышы да экваториаль координаталар белән билгеләнә. Алар белән танышканга кадәр, «күк экваторы» һәм «авышу түгәрәге» дигән төшенчәләр кертик.

Күк сферасының үзәге аша үтә торган һәм дөнья күчәренә перпендикуляр булган яссылык күк сферасын $QWQ_1E$ зур түгәрәге — күк экваторы буйлап кисә (11 нче рәсемне карагыз). Күк экваторы горизонт белән көнчыгыш *(E)* һәм көнбатыш (*W*) ноктасында кисешә. Шунысы ачык, барлык тәүлеклек параллельләр күк экваторына параллель урнашканнар (рәс. 11).

Күк сферасында дөнья полюслары һәм күзәтелә торган яктырткыч аша узучы зур түгәрәк яктырткычның авышу түгәрәге дип атала (рәс. 12).

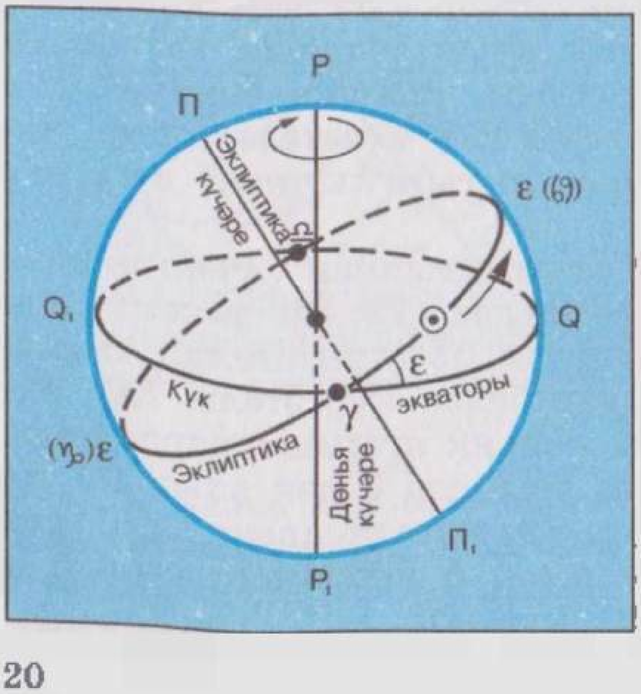
Яктырткычның күк экваторы яссылыгыннан үлчәнгән авышу түгәрәге буенча почмакча еракльгы (12 нче рәсемне карагыз) яктырткычның авышуы ($\delta$) дип атала. Авышу градуслар, минутлар һәм секундлар белән күрсәтелә. Күк экваторы күк сферасын төньяк һәм көньяк ярымшарларга бүлә. Төньяк ярымшар йолдызларының авышуы 0 дән алып 90° ка кадәр, ә көньяк ярымшар йолдызларының авышуы 0 дән алып —90° ка кадәр булырга мөмкин. $\delta$ координатасының $\varphi$ координатасына охшашлыгы ачык күренә.

Экваториаль системада икенче координата — туры күтәрелеш ($\alpha$). Анысы $\lambda$ га охшашлы. Җир шарында озынлыкларны, белгәнегезчә, башлангыч меридианнан саныйлар. Туры күтәрелешләрне исә язгы көн-төн тигезлеге ноктасыннан (♈) башлап исәплиләр. Кояшның үзәге язгы көн-төн тигезлеге көнендә (21 мартта) күк экваторының шушы ноктасында була. Туры күтәрелеш күк экваторы буенча күк сферасы әйләнешенә капма-каршы якка таба исәпләнә (12 нче рәсемне карагыз). Туры күтәрелеш $\alpha$ ($\lambda$ кебек үк) я дуга градуслары, минутлары һәм секундлары белән, яисә вакыт исәпләнә торган сәгатьләр, минутлар һәм секундлар белән күрсәтелә. Гадәттә сәгать үлчәве кулланыла (0 дән алып 24 сәгатькә кадәр). Күк сферасы тулы әйләнешне ($360^\circ$) 24 сәг эчендә ясаганлыктан, $1^{сәг}$ (халыкара тамгасы $1^h$, ә русча $1^ч$) дуга исәбендә $15^\circ$ ка туры килә, 1 мин ($1^м$) — $15'$ка, 1 с ($1^с$) дуганың $15''$ ына бәрабәр.

Күк сферасының тәүлеклек әйләнеше вакытында йолдызның күк экваторына карата торышы үзгәрми. Шуңа күрә экваториаль координаталар (географик координаталар кебек үк) карталар, атласлар, каталоглар (йолдызлар исемлеге) төзү өчен файдаланыла.

Үзегезнең йолдызлар картасында сез дөньяның төньяк полюсын (картаның үзәге), күк экваторын, язгы көн-төн тигезлеге ноктасын, авышуларны һәм туры күтәрелешләрне исәпли башлау нокталарын табарсыз. Димәк, бу картадан файдаланып, йолдызларның якынча экваториаль координаталарын яки, киресенчә, бирелгән $\alpha$ һәм $\delta$ буенча, йолдызларның һәм башка яктырткычларның торышын картага төшерергә мөмкин.

**2. Кояшның еллык күренмә хәрәкәте.** Экваториаль координаталары күп айлар һәм хәтта еллар буена үзгәрешсез кала торган йолдызлардан аермалы буларак, $\alpha$ һәм $\delta$ координаталары тиз үзгәрә торган яктырткычлар да бар. Йолдызлар кебек тәүлеклек хәрәкәттә катнашу өстенә, күк сферасында үзе дә




**Рәс. 13. Күк экваторының һәм эклиптиканың үзара торышы.**

**Рәс. 14. Җирнең Кояш тирәсендә хәрәкәт итүе һәм Кояшның эклиптика буенча еллык күренмә хәрәкәте.**

күчеп йөри торган яктырткычлар исәбенә Кояш та керә. Сезгә билгеле булганча, язын көн төнгә тигезләшкән көнне Кояш язгы көн-төн тигезлеге ноктасында (♈) була. Димәк, 21 мартта аның координаталары $\delta = 0^\circ$ һәм $\alpha = 0^h$ ($0^{сәг}$). Күзәтүләр күрсәткәнчә, ел дәвамында бу координаталар туктаусыз үзгәрәләр. 22 июньгә (җәйге Кояш торгынлыгы көне) алар инде $\delta_\odot = 23^\circ 27'$, $\alpha_\odot = 6^{сәг}$, ә көзге көн-төн тигезлеге көнендә (23 сентябрьдә) $\delta_\odot = 0^\circ$, $\alpha_\odot = 12^{сәг}$. Һәм, ниһаять, 22 декабрьдә (кышкы Кояш торгынлыгы көнендә) $\delta_\odot = -23^\circ 27'$, $\alpha_\odot = 18^{сәг}$, ә 21 мартта яңадан: $\delta_\odot = 0^\circ$, һәм $\alpha_\odot = 0^{сәг}$. Инде шушы мәгълүматлардан да Кояшның күк сферасында зур түгәрәк буенча хәрәкәт итүе һәм бу түгәрәкнең күк экваторы яссылыгына $23^\circ 27'$лы почмак ясап авышканлыгы килеп чыга (рәс. 13). Бу зур түгәрәк *эклиптика* дип атала. Эклиптика һәм экватор язгы көн-төн тигезлеге ноктасында (♈ — Кучкар йолдызлыгы билгесе) һәм көзге көн-төн тигезлеге ноктасында (♎ — Үлчәү йолдызлыгы билгесе) кисешәләр. Бөтен эклиптиканы Кояш төп-төгәл бер ел эчендә уза, ягъни аның буенча тәүлегенә $1^\circ$ чамасы күчә. Эклиптика узган йолдызлыклар *зодиакаль йолдызлыклар* дип атала (рәс. 14); аларның саны ел әйләнәсендәге айлар санына тигез (Еланлы йолдызлыгын зодиакаль йолдызлыклар исәбенә кертмиләр).

Кояшның еллык хәрәкәткә ия булуын инде борынгы астрономнар да белгәннәр. Ләкин күзәтелә торган бу күренешне Җирнең Кояш тирәли әйләнү хәрәкәте ачыклангач кына аңлатырга мөмкин булды. *Кояшның эклиптика буенча күренмә хәрәкәте — Җирнең Кояш тирәсендә әйләнүенең чагылышы гына ул* (14 нче рәсемне карагыз).

**3. Кояшның еллык хәрәкәте һәм йолдызлы күк йөзенең күренеше.** Йолдызларның күк сферасындагы торышы практик яктан озак вакытлар буена үзгәрми торган ике экваториаль

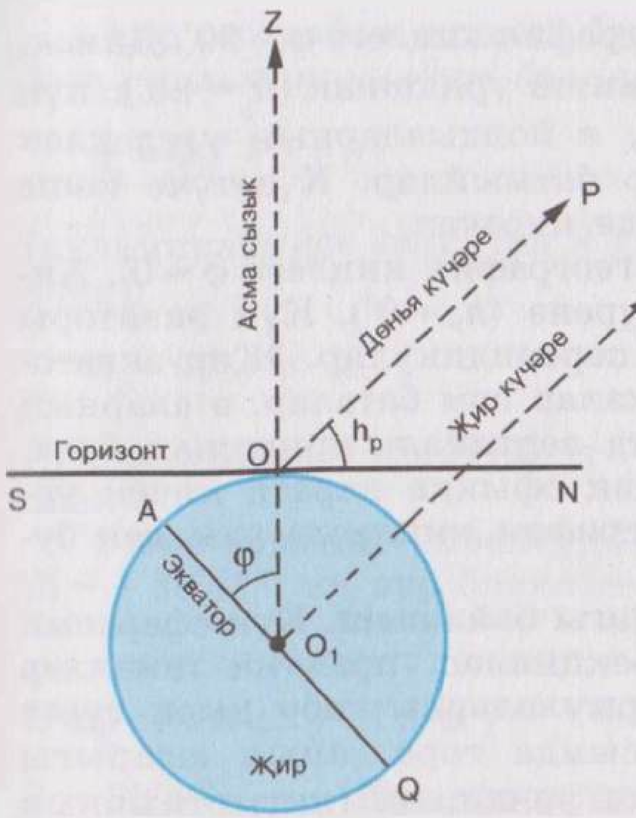
координата белән тәгаен билгеләнә торган булгач, тәүлекнең билгеле бер мизгелендә һәм Җирнең билгеле бер урынында йолдызлы күк йөзенең күренеше бер үк төрле булырга тиеш кебек тоела. Ләкин бу алай түгел. Күк йөзенең күчмә картасыннан файдаланып, сезнең һәркайсыгыз йолдызлы күк йөзенең ел дәвамында өзлексез үзгәрә барганлыгын белә ала. Мәсәлән, төн уртасында күк меридианы тирәсеннән, берсен-берсе алмаштырып, төрле даталарда төрле йолдызлыклар үтеп китә. Менә шушындый күзәтүләр Кояшның туры күтәрелеше үзгәрә дигән нәтиҗәгә китерделәр дә инде. Дөрестән дә, төн уртасында, Кояш офык астында түбәнге кульминациядә чакта, аның туры күтәрелеше бу вакытта югары кульминациядә булган йолдызларның туры күтәрелешеннән $12^{сәг}$ кә аерыла. Ләкин елның төрле көннәрендә төн уртасында төрле йолдызлар кульминациядә булганлыктан, моннан Кояшның туры күтәрелеше ($\alpha_{\odot}$) дә ел әйләнәсендә берөзлексез үзгәрә дигән нәтиҗә килеп чыга.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

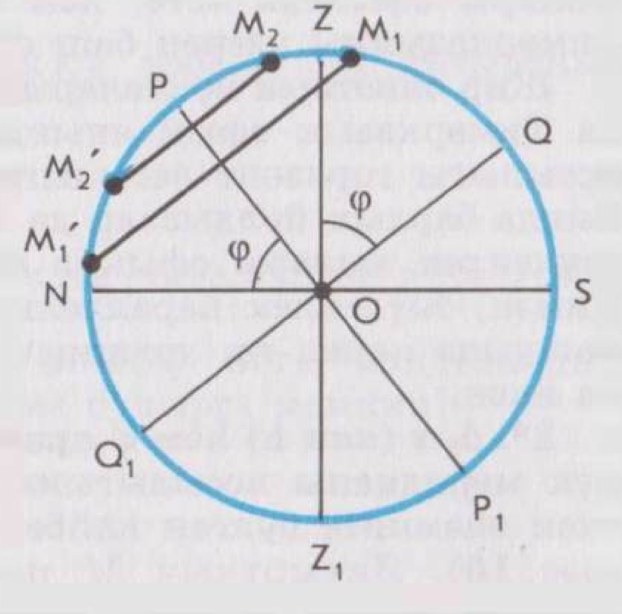
1. Күк яктырткычларының экваториаль координаталарын белү ни өчен кирәк була? 2. Күчмә карта ярдәмендә түбәндәгеләрне ачыклагыз: а) Бу картага йолдызлар күпме авышуга кадәр төшерелгән? б) Денебның, Капелла һәм Спиканың экваториаль координаталары нинди? (Нәтиҗәгезне X кушымтадагы мәгълүматлар белән чагыштырыгыз.) в) Ике йолдызның экваториаль координаталары: $\alpha = 14{,}2^{сәг}$; $\delta = +20^{\circ}$ һәм $\alpha = 4{,}5^{сәг}$, $\delta = +16{,}3^{\circ}$. Болар кайсы йолдызлар булыр? г) Кояш җәен, көзен, кышын һәм язын кайсы йолдызлыкларда була? д)* Үз төбәгегездә көн-төн тигезлеге һәм Кояш торгынлыгы көннәрендә Кояшның тәүлеклек юлларын чагыштырыгыз (Кояшның чыгу һәм бату нокталарын табып, картада аның төш вакытындагы биеклекләрен чамалап карарга). 3. Көн-төн тигезлеге һәм Кояш торгынлыгы көннәренең үзенчәлекләре нәрсәдә? 4. Кояшның эклиптика буенча еллык хәрәкәтен Җирнең Кояш тирәсендә әйләнеп йөрүенә дәлил итеп карарга мөмкинме? 5. Эклиптика яссылыгы һәм Кояш тирәли Җир хәрәкәт иткән яссылык фәзада тәңгәл булырлармы? 6. Җир экваторы яссылыгы эклиптика яссылыгына нинди почмак ясап авышкан?

## § 5. ГЕОГРАФИК КИҢЛЕКНЕ БИЛГЕЛӘҮ ЫСУЛЛАРЫ

**1. Дөнья полюсының биеклеге һәм күзәтү урынының географик киңлеге.** Төрле географик киңлекләрдә бер үк вакыт мизгелләрендә йолдызлы күк йөзенең күренеше төрлечә була. Әйтик, мәсәлән, Казанда Котып йолдызының биеклеге 56° тирәсе, Мәскәүдә дә шул чама, Мурманскида 68°, Владивостокта 43°. Котып йолдызы, ягъни Тимерказык дөньяның төньяк полюсыннан 1° чамасы читтәрәк торганлыктан (аның авышуы $\delta = 89^{\circ}16'$), дөнья полюсының төрле киңлекләрдәге биеклеге дә




**Рәс. 15. Дөнья полюсының биеклеге географик киңлеккә тигез.**




**Рәс. 16. Күк сферасының меридиан яссылыгына проекциясе.**

төрлечә булачак. Дөнья полюсының биеклеге ($h_p$) һәркайда күзәтү урынының географик киңлегенә (φ) тигез булуын исбат итик. Моның өчен 15 нче рәсемне карыйк.

Күзәтүче кеше Җир өстендәге *O* ноктасында тора. $\angle AO_1O = \varphi$ — күзәтү урынының (*O*) географик киңлеге. Җир радиусы $OO_1$ не дәвам итсәк, асма сызык (*OZ*) юнәлешен табарбыз. Инде билгәнегезчә, горизонт яссылыгы асма сызыкка перпендикуляр һәм күзәтүче торган нокта аша уза. Димәк, *SN* орынмасы — төшлек сызыгы. Күзәтүче кеше дөньяның төньяк полюсын *OP* юнәлешендә күрә (дөнья күчәре Җир күчәренә параллель). $\angle PON$ — дөнья полюсы биеклеге ($h_p$). $\angle PON = \angle AO_1O$ икәнлеген күрү кыен түгел (чөнки алар яклары тиңдәшле рәвештә перпендикуляр булган почмаклар). Шулай булгач:

$$h_p = \varphi, \qquad (2)$$

ягъни *дөнья полюсының биеклеге күзәтү урынының географик киңлегенә тигез.* Шуңа күрә, Тимерказыкның биеклеген үлчәп, күзәтү урынының географик киңлеген билгеләргә мөмкин.

**2. Төрле киңлекләрдә йолдызларның тәүлеклек хәрәкәте.** Без урта киңлекләрдә ($0^\circ < \varphi < 90^\circ$) йолдызларның тәүлеклек хәрәкәте нинди булганлыгын беләбез (§ 3.3). Хәзер безгә Җирнең төньяк полюсында яки Җир экваторында торып күзәтүченең моны ни рәвешле итеп күргәнлеген белергә кирәк.

Җирнең төньяк полюсының географик киңлеге $\varphi = 90^\circ$. Димәк, анда дөньяның төньяк полюсы зенитта урнашкан ($h_p = 90^\circ$), күк экваторы горизонт белән тәңгәл, ә йолдызларның тәүлеклек юллары офыктан өстә, һәм алар батмыйлар. Күзәтүче кеше Тимерказыкны үзенең баш өстендә күрәчәк.

Җир экваторы нокталарының географик киңлеге $\varphi = 0^\circ$. Анда Тимерказык офык янында күренә ($h_p = 0^\circ$). Күк экваторы яссылыгы горизонт яссылыгына перпендикуляр. Җир экваторында барлык йолдызлар да калкалар һәм баталар, ә аларның тәүлеклек юллары офыкка карата вертикаль урнашкан була. Димәк, тәүлеклек параллельләрнең офыкка карата ничек урнашуына карап та, урынның географик киңлеген чамалап була икән.

**3*. $\delta$, z (яки h) һәм $\varphi$ арасындагы бәйләнеш.** Күк сферасын күк меридианы яссылыгына проекцияләп, практик гамәлләр өчен әһәмияте булган кайбер формулаларны табу кыен түгел (рәс. 16). Яктырткыч $M_1$ ноктасында тора, аның югарыгы кульминациясе зениттан көньякта урнашкан (яктырткычның авышуы $\delta_1$, ә зенит ераклыгы $z_1$). $\smile{ZQ} = \varphi$, чөнки $\smile{ZQ} = \smile{PN} = h_p$, $\smile{ZM_1} = z_1$, ә $\smile{QM_1} = \delta_1$. $\smile{ZQ} = \smile{QM_1} + \smile{ZM_1}$ булганлыктан,

$$\varphi = \delta_1 + z_1. \qquad (3)$$

$z = 90^\circ - h$ (1) икәнлеген искә алып, (3) тигезләмәсен түбәндәге рәвештә яза алабыз:

$$\varphi = \delta_1 + (90^\circ - h_1). \qquad (3')$$

Инде хәзер югарыгы кульминациясе зениттан төньякта (мәсәлән, $M_2$ ноктасында) булган яктырткычны карыйк. $z_2 = \smile{ZM_2}$, ә $\delta_2 = \smile{QM_2}$ булуын табабыз. $\smile{QM_2} - \smile{ZM_2} = \smile{ZQ} = \varphi$ булганлыктан,

$$\varphi = \delta_2 - z_2, \qquad (4)$$

яки, (1) бәйлелеген исәпкә алып табабыз:

$$\varphi = \delta_2 - (90^\circ - h_2). \qquad (4')$$

(3′) һәм (4′) формулаларыннан, әгәр югарыгы кульминация вакытында яктырткычның биеклеген (зенит ераклыгын) үлчәсәң һәм каталогтан бу яктырткычның авышуын эзләп алсаң, күзәтү урынының географик киңлеген хисаплап табарга мөмкин дигән нәтиҗә чыга. (3) һәм (4) формулаларын бер формула итеп берләштерү кыен түгел:

$$\varphi = \delta \pm z. \qquad (5)$$

Әгәр географик киңлек билгеле булса, *яктырткычның югарыгы кульминациядәге биеклеген* хисаплап чыгару җиңел:

$$h_1 = 90^\circ - \varphi + \delta_1 \qquad (3'')$$

(кульминациясе зениттан к ө н ь я к к а таба булган яктырткыч өчен);

$$h_2 = 90^\circ + \varphi - \delta_2 \qquad (4'')$$

(кульминациясе зениттан т ө н ь я к к а таба булган яктырткыч өчен).

**1 нче мисал.** Мәскәүдә ($\varphi = 55^\circ 45'$) Вега йолдызының ($\delta = +38^\circ 47'$) иң зур биеклеге күпме булырга мөмкин?

Бирелгән:

$\delta = 38^\circ 47'$
$\varphi = 55^\circ 45'$

$h$ — ?

Чишү:

Күк сферасын меридиан яссылыгына проекцияләп сызым ясагач, (3″) формуласыннан файдаланырга кирәклегенә ышанабыз:
$h = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 55^\circ 45' + 38^\circ 47' = 73^\circ 02'$, ягъни югарыгы кульминация мизгелендә Вега көньяк ноктасыннан $73^\circ 02'$ биеклектә булачак икән.

Җ а в а п: $h = 73^\circ 02'$.

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

**1.** Тимерказык йолдызын күзәтеп, урынның якынча географик киңлеген ничек белергә? **2.** Төрле киңлекләрдә йолдызларның тәүлеклек хәрәкәтен күрсәткән сызымнар сызыгыз. **3*.** 16 нчы рәсемнән файдаланып, күзәтү урынының географик киңлеген түбәндәге формула буенча хисаплап булуын исбат итегез:

$$\varphi = 180^\circ - (z + \delta), \qquad (6)$$

биредә $\delta$ һәм $z$ — тиңдәшле рәвештә йолдызның авышуы һәм **түбәнге кульминация** мизгелендәге зенит ераклыгы. **4*.** Җирнең Төньяк полюсында яктырткычлар кульминациядә буламы? **5.** Капелла йолдызы югарыгы кульминация мизгелендә $79^\circ 17'$ биеклегендә күренә. Күзәтү урынының географик киңлеген табыгыз. **6*.** Батмый торган бер йолдыз югарыгы кульминациядә $50^\circ 46'$ биеклектә, ә түбәнге кульминациясендә $35^\circ 54'$ биеклектә күзәтелә. Күзәтүче нинди географик киңлектә тора? Бу йолдызның авышуы күпме? **7.** Кояш буенча ориентлашып, дөнья якларын ничек табарга? **8.** Сезгә билгеле булган кайсы формула буенча Кояшның төш вакытындагы биеклеген хисаплап табарга мөмкин?

## § 6. ВАКЫТ ҮЛЧӘҮНЕҢ НИГЕЗЛӘРЕ

**1. Кереш.** Күк сферасының тәүлеклек әйләнеше һәм Кояшның эклиптика буенча еллык күренмә хәрәкәте вакытында күзәтелә торган периодик күренешләр озын һәм кыска вакыт араларын исәпләүдә төрле системаларның нигезе булып хезмәт итәләр. Шул системаларның кайберләре белән танышыйк.

**2. Вакытның географик озынлык белән бәйләнеше. Вакыт исәпләү системалары.** Кояш үзәге югарыгы кульминациядә булган мизгел *чын төш вакыты* дип, ә түбәнге кульминациядә булган мизгел *төн уртасы* дип атала. Кояш үзәгенең бер исемдәге ике эзлекле кульминациясе арасында үткән вакытны *чын Кояш тәүлеге* дип атыйлар. Ел әйләнәсендә аның озынлыгы бертигез калмый (чөнки Кояш эклиптика буенча тигезсез хәрәкәт итә, һәм эклиптика күк экваторына авыш тора).

Шуңа күрә көндәлек тормышта чын Кояш тәүлеге түгел, бәлки *уртача Кояш тәүлеге* файдаланыла, ә аның озынлыгы даими итеп алынган.

Күк сферасындагы теләсә кайсы ноктаның (көн-төн тигезлеге нокталарының, Кояш үзәгенең, «уртача Кояш» үзәгенең, йолдызның һ. б.) кульминациясе Җир шарының төрле меридианнарында төрле вакытка туры килә. Шуның белән бергә, күзәтү ноктасы көнчыгыштарак булган саен, ул иртәрәк була. Моннан исә Җирнең билгеле бер урынындагы вакыт географик озынлыкка бәйле дигән нәтиҗә чыга. Әгәр дә билгеле бер мизгелдә нуленче (*Гринвич*) меридианда уртача вакыт $T_0$ булса (ул *бөтендөнья вакыты* дип атала), $\lambda$ кадәр географик озынлыктагы урында ул $T_\lambda$ булыр, шуның белән бергә $T_\lambda$ вакыты $T_0$ дән $\lambda$ га тигез сәгатьләр, минутлар һәм секундлар санынча аерыла:

$$T_\lambda = T_0 + \lambda. \tag{7}$$

Бу формуланы Җир өслегенең $\lambda_1$ һәм $\lambda_2$ кадәр географик озынлыктагы ике ноктасы өчен язып куйыйк:

$$T_{\lambda_1} = T_0 + \lambda_1,$$

$$T_{\lambda_2} = T_0 + \lambda_2.$$

Моннан исә күзәтү урынының географик озынлыгын билгеләргә мөмкинлек бирә торган мөһим бер тигезләмә килеп чыга:

$$T_{\lambda_1} - T_{\lambda_2} = \lambda_1 - \lambda_2. \tag{8}$$

Дөрестән дә, берсенең географик озынлыгы билгеле булган ике ноктадагы вакыт аермасын белгәндә, икенче ноктаның да географик озынлыгын билгеләргә мөмкин.

Төгәл итеп әйтсәк, аерым өлкә чикләрендә генә түгел, хәтта зуррак шәһәр чикләрендә дә һәр урынның үз вакыты була. Сезгә инде география курсыннан билгеле булганча, вакытны поясларга бүлеп исәпләү зарурлыгы шуның аркасында килеп туа да (бездә пояс вакыты 1919 елның 1 июленнән кертелде). Һәр сәгать поясы озынлык буенча 15° ка, яки $1^{сәг}$ кә сузыла. Шулай булгач, барысы 24 сәгать поясы бар икән. Россия территориясеннән 11 сәгать поясы уза (2 дән алып 12 гә кадәр). Нуленче пояс — Гринвич поясы, һәр пояс эчендә аның үзәк меридианы вакыты файдаланыла, ә поясларның чиге я дәүләт һәм административ бүленеш чикләре буенча, яисә табигый чикләр (елгалар, тау сыртлары) буенча уза.

Бөтендөнья вакытын ($T_0$) һәм шушы урынның пояс номерын ($n$) белгәндә, пояс вакытын җиңел генә табып була:

$$T_п = T_0 + n. \qquad (9)$$

(7) һәм (9) формулаларыннан

$$T_п - T_\lambda = n - \lambda \qquad (10)$$

булуы килеп чыга.

Россия Федерациясе территориясендә вакыт исәпләүдә түбәндәге тәртип урнаштырылган. Беренчедән, пояс вакытына 1 сәг өстәлә. Икенчедән, ел саен март аеның соңгы якшәмбесендә төнге 2 дә сәгать телләре 1 сәгатькә алга куела *(җәйге вакыт $T_ж$* шулай кертелә), ә октябрьнең соңгы якшәмбесендә (төнге 3 тә) сәгать телләре 1 сәгатькә артка чигерелә.

Шулай итеп, җәйге вакыт пояс вакытыннан 2 сәгатькә алда йөри:

$$T_ж = T_п + 2^{сәг}. \qquad (11)$$

Җәйге вакыт гадәтләнгән тормыш ритмын бозмый, ләкин ул яктыртуга тотыла торган электр энергиясен шактый экономияләргә мөмкинлек бирә.

*Мәскәү вакыты* — ул Россиянең 2 нче сәгать поясында урнашкан башкаласындагы җирле вакыт. Казанда да 2 нче сәгать поясында урнашкан. Аның географик координатлары $\varphi = 55°46'$, $\lambda = 49°08'$.

Россия территориясенең күп өлешендә вакыт Мәскәүнекеннән аерыла, ләкин бу аерма бөтен саннар белән исәпләнә һәм җирле халыкка яхшы билгеле.

Хәзерге фән-техника казанышлары чорында вакыт үлчәү тәүлек эчендә секундның миллиардынчы өлешләренә кадәр төгәллекне тәэмин итәрлек иң яңа ысуллар куллануны сорый. Хәзерге заман вакыт идарәсе молекуляр һәм атом сәгатьләре белән җиһазланган, әлеге төгәллекне шулар тәэмин итә. Вакыт берәмлеге (секунд) Халыкара системада (СИ) төп берәмлекләр исәбенә кертелгән.

**2 нче мисал.** 25 майда Мәскәүдә ($n_1 = 2$) сәгать $10^{сәг}\ 45^{м}$ күрсәтә. Бу мизгелдә Новосибирскида ($n_2 = 60$, $\lambda_2 = 5^{сәг}\ 31^{м}$) уртача, пояс һәм җәйге вакытлар нинди булыр?

Бирелгән:

$T_{ж_1} = 10^{сәг}45^{м}$
$n_1 = 2$
$n_2 = 6$
$\lambda_2 = 5^{сәг}\ 31^{м}$

---

$T_{\lambda_2}$ – ?
$T_{n_2}$ – ?
$T_{ж_2}$ – ?

Чишү:

Мәскәүдәге җәйге вакытны ($T_{ж_1}$) белгән хәлдә, бөтендөнья вакыты $T_0$ не табыйк:

$T_0 = T_{ж_1} - n_1 - 2^{сәг}$.

$T_0 = 10^{сәг}45^{м} - 2^{сәг} - 2^{сәг} = 6^{сәг}45^{м}$.

Бу мизгелдә Новосибирскида:

$T_{\lambda_2} = T_0 + \lambda_2 = 6^{сәг}45^{м} + 5^{сәг}31^{м} = 12^{сәг}16^{м}$;

$T_{n_2} = T_0 + n_2 = 6^{сәг}45^{м} + 6^{сәг} = 12^{сәг}\ 45^{м}$;

$T_{ж_2} = T_{n_2} + 2^{сәг} = 14^{сәг}\ 45^{м}$.

**3*. Ел исәбе турында төшенчә.** Күп санлы күзәтүләрдән билгеле булганча, Кояшның язгы көн-төн тигезлеге ноктасы (♈) аша эзлекле ике узуы арасында үткән вакыт 365 тәүлек 5 сәгать 48 минут 46 секунд (365, 2422 тәүлек) тәшкил итә. Бу — тропик ел. Ул Кояш календаре өчен, ягъни ел фасыллары алмашынуга бәйле озак дәвам итә торган вакыт араларын исәпләү өчен нигез итеп алына. *Тропик ел дәвамлылыгының тәүлек озынлыгы белән үлчәнешсез булуы,* календарь төзүне кыенлаштыра. Яз башы елның якынча бер үк көненә туры килсен өчен, календарь елы дәвамында тәүлекләр бөтен сан белән күрсәтелергә һәм алар тропик ел дәвамлылыгына якынча тигез булырга тиеш.

Юлий календаренда (Юлиан календаре дип тә әйтәләр; бу — *иске стиль* календаре, аны яңа эрага кадәр 46 нчы елда Юлий Цезарь кертә) елның уртача озынлыгы 365,25 тәүлек тәшкил иткән: өч ел 365 тәүлектән, ә дүртенче (кәбисә ел) 366 көннән торган. Күрәбез, Юлиан календаре елы тропик елдан озынрак икән. Һәр 400 ел саен аерма 3 тәүлеккә җыела (һәм, әйтик, язгы көн-төн тигезлеге бу календарь буенча 3 көнгә иртәрәк булачак). Шулай җыела килгән аерма 1582 елда Рим папасы Григорий XIII *яңа стиль* (Григорий календаре) кертkәч юкка чыгарыла. Календарь реформасы үткәрелү нәтиҗәсендә, беренчедән, 1582 елның 5 октябрен 15 октябрь дип игълан итәләр. Икенчедән, 1700, 1800, 1900, 2100 кебек елларны (аларда йөзлекләр саны *4 кә бүленми)* кәбисә ел дип түгел, бәлки *гади еллар* дип санарга карар иткәннәр. Шундый төрдәге еллардан кала, номерлары 4 кә калдыксыз бүленә торган еллар кәбисә еллар дип санала. Григорий календаренда (аңарда ел дәвамлылыгы 365,2425 тәүлек тәшкил итә) бер тәүлеклек хата 3300 ел дәвамында җыела.

Бездә яңа стиль 1918 елда кертелә. Ул вакытка Юлиан календаре белән вакыт исәбе аермасы 13 тәүлеккә җиткән, һәм Халык комиссарлары советы декреты 1 нче февраль көнне 14 нче февраль дип санарга боера. 13 көнлек аерма 2100 елга кадәр сакла522начак (2100 елның 28 февраленнән соң гына ул 14 көнгә җитәчәк).

Хәзерге вакытта ел бертигез яртыеллыкларга, кварталларга һ. б. бүленә торган һәм һәр дата атнаның даими көненә туры килә торган календарь төзү турында фикер алышулар бара.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1*. Сез чын Кояш вакыты, уртача, җирле, пояс вакыты һәм җәйге вакытлар белән таныштыгыз. Болар шулкадәр күп санлы төрле-төрле вакытлар чыннан да бар дигән сүзме? 2. Без нинди вакыт исәбе буенча яшибез? 3. Владивостокта ($n = 9$) 15 май, кичке $6^{сәг}\,50^{м}$. Бу вакытта, Омскида ($\lambda = 4^{сәг}54^{м}$, $n = 5$) уртача, пояс һәм җәйге вакытлар нинди булыр? 4*. Самолет Екатеринбургтан ($n = 4$) 10 ноябрь көнне $11^{сәг}\,20^{м}$ та очып киткән һәм Иркутскига ($n = 7$) расписание буенча төп-төгәл $17^{сәг}\,45^{м}$ та килеп төшкән. Ул күпме вакыт очкан һәм расписаниедә очып китү һәм очып килү мизгелләре нинди исәптә күрсәтелгән? 5*. Ни өчен абсолют төгәл булган мәңгелек календарь төзү мөмкин түгел? 6*. М. В. Ломоносов 1711 елның 8 ноябрендә туган. Бөек рус галименең 300 еллыгы яңа стиль буенча кайсы көнне билгеләп үтеләчәк? 7. XXI гасыр (өченче меңьеллык) кайчан башланды?

### «Астрономиягә кереш» темасын өйрәнгәч, нәрсәләрне белергә кирәк

1. Астрономия күк җисемнәрен (йолдызларны, планеталарны һ. б.), аларның системаларын, Галәмдә булып тора торган күренеш һәм процессларны өйрәнә.
2. Астрономия — табигать турындагы фундаменталь фәннәрнең берсе, ул физика, математика, Җир турындагы фәннәр белән, философия, космонавтика белән тыгыз бәйләнгән.
3. Хәзерге заман физикасы Галәмне гаять зур һәм бердәнбер космик лаборатория итеп файдалана.
4. Астрономия геодезиянең, картография, диңгезчелек, авиация, космик тикшеренүләрнең алга таба үсеше өчен кирәк.
5. Астрономия кешенең дөньяга карашын формалаштыру өчен зур әһәмияткә ия.
6. Астрономиянең нигезенә хәзерге оптик һәм радиотелескоплар ярдәмендә башкарыла торган күзәтүләр салынган.
7. Йолдызлык — күк йөзенең йолдызларны һәм андагы башка даими объектларны үз эченә алган һәм төгәл чикләре булган өлкәсе ул.

**8.** Күк сферасы — үзәге фәзаның (пространствоның) ирекле ноктасында урнашкан уйланма сфера ул. Күк сферасында почмакча үлчәүләрне генә кулланып була.

**9.** Күк сферасының тәүлеклек әйләнеше Җирнең үз күчәре тирәсендә әйләнүеннән килеп чыга.

**10.** Күк йөзе күренешенең ел әйләнәсендә үзгәрүе (һәм Кояшның эклиптика буенча еллык хәрәкәте) Җирнең Кояш тирәсендә әйләнеп йөрүеннән килеп чыга.

**11.** Күк сферасының тәүлеклек күренмә хәрәкәте һәм Кояшның эклиптика буенча еллык хәрәкәте безне табигатьтә күзәтелә торган күренешләрнең асылын аңлау өчен аларны җентекләп өйрәнергә кирәклегенә ышандыра.

**12.** Каталоглар, йолдызлар картасы һәм атласлар төзегәндә, йолдызларның экваториаль координаталары $\alpha$ һәм $\delta$ нигез итеп алына.

**13.** Вакыт исәпләүдә төрле системалар (җирле, пояс, җәйге вакытлар) кертүне тормыш үзе һәм кешеләрнең гамәли эшчәнлеге таләп итә.

**14.** Календарь дәвамлы вакыт араларын исәпләү системасыннан гыйбарәт. Без яңа стиль (Григорий календаре) буенча яшибез.

### «Астрономиягә кереш» дигән теманы өйрәнгәч, нәрсәләр эшли белергә кирәк

**1.** Күкнең күчмә картасыннан файдалана һәм аның буенча билгеле бервакыт мизгелендә нинди йолдызлыклар күренгәнлеген таба белү; йолдызларның һәм Кояшның $\alpha$ һәм $\delta$ координаталарын һәм шулай ук, әлеге координаталар бирелгән булса, картадан бу яктырткычларның урынын билгели белү.

**2*.** (3″) һәм (4″) формулалары буенча яктырткычларның югарыгы кульминациядәге биеклеген хисаплый белү.

**3*.** (5) һәм (8) формулалары буенча географик $\varphi$ һәм $\lambda$ координаталарын хисаплый белү.

**4.** (9) — (11) формулалары буенча вакытны исәпләүдә төрле системаларга күчә белү.

**5.** Тимерказык йолдызы һәм төш вакытындагы Кояш буенча дөнья якларын таба белү.

**6.** Күк йөзендә түбәндәге йолдызлыкларны һәм алардагы иң якты йолдызларны таба белү: Зур Җидегән, Кече Җидегән (Тимерказык йолдызы белән), Кассиопея, Лира (Вега белән), Каракош (Альтаир белән), Аккош (Денеб белән).

# II. КОЯШ СИСТЕМАСЫНЫҢ ТӨЗЕЛЕШЕ

## § 7. ПЛАНЕТАЛАРНЫҢ КҮРЕНМӘ ХӘРӘКӘТЕ

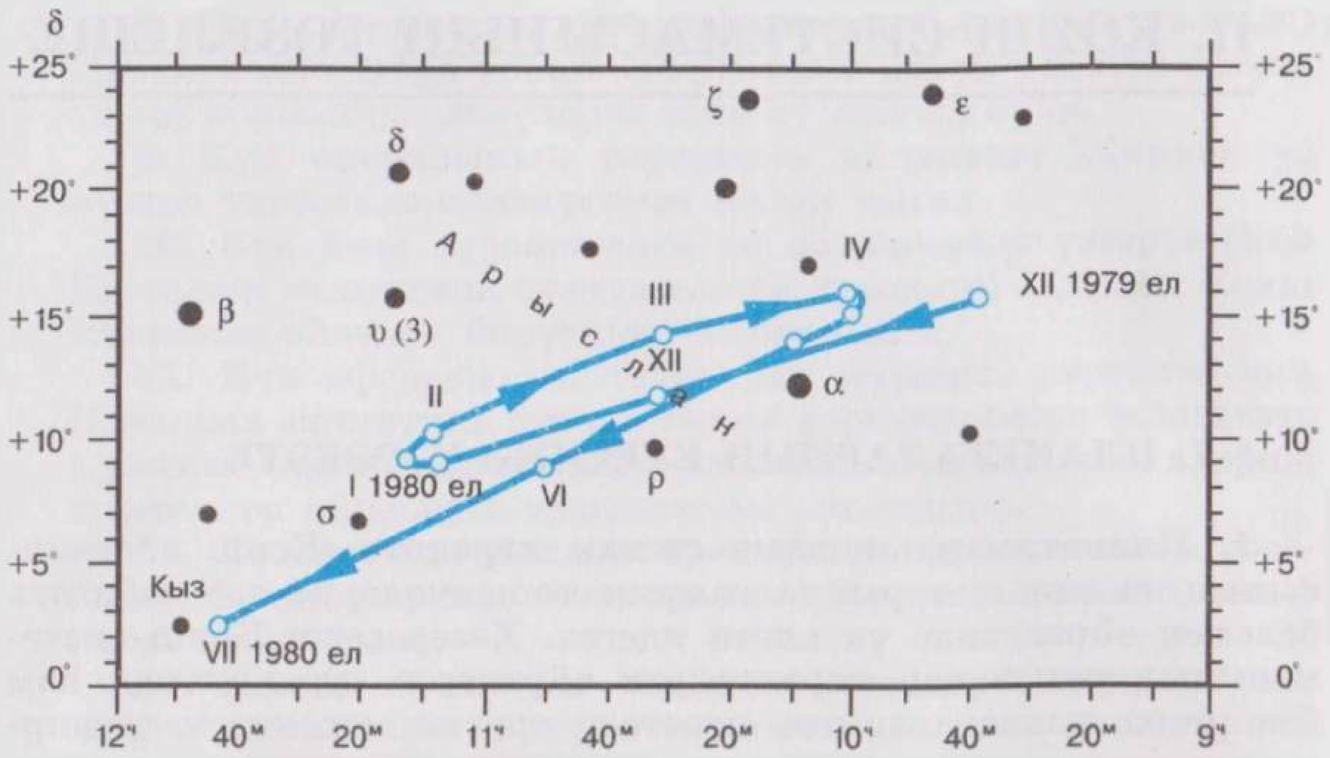
**1. Планеталарның элмәксыман хәрәкәте.** Кояш системасының төзелеше турында гомуми төшенчәләрне сез табигать белемен өйрәнгәндә үк алган идегез. Хәзер сезгә Кояш системасының төзелешен тирәнтенрәк өйрәнергә туры килер, һәм без моны планеталарның күзәтелә торган хәрәкәтен тасвирлаудан һәм аны анализлаудан башларбыз (рәс. 17).

Гади күз белән карап биш планетаны — *Меркурий, Венера, Марс, Юпитер* һәм *Сатурнны* күреп була*. Тышкы күренешенә карап кына планетаны йолдыздан аеру җиңел түгел, өстәвенә ул йолдыздан әллә ни яктырак та булмаска мөмкин.

---

* Электә болгар-татарларда һәм төркиләрдә бу планеталарны *Су йолдыз* (Меркурий), *Зөһрә, Чулпан, Алтын йолдыз, Таң йолдызы, Чабан йолдызы* (барысы да — Венера), *Мәрих, Кызыл йолдыз, Ут йолдыз, Бакыр йолдыз* (барысы да — Марс), *Мөштәри* (Юпитер), *Туфрак йолдыз* (Сатурн) дип йөрткәннәр *(тәрҗ. иск.)*.

**Рәс. 17. Кояш системасының төзелеше.**




**Рәс. 18. Планетаның күренмә хәрәкәте. 1979 елның ноябреннән алып 1980 елның июленә кадәр Марс йолдызлы күктә шушындый элмәк ясаган. (Рим цифрлары айның беренче көннәрен белдерә.)**

Планеталар күк сферасының тәүлеклек хәрәкәтендә генә катнашып калмыйча, зодиак йолдызлыклары буйлап (кайчагында сизелмичә генә) күчә торган яктырткычлар исәбенә керәләр. «Планета» дигән сүз үзе дә планеталарның шушы үзенчәлегенә бәйле, борынгы греклар «күчмә» яктырткычларны шулай атаганнар. Күк йөзен яхшырак белгән саен, сез йолдызлыкларда планеталарны «артык» йолдыз буларак тизрәк күреп алырсыз. 8 тапкыр зурайта торган бинокль (телескоп булса, тагында әйбәтрәк) Венераның, Юпитерның, Сатурнның, оптик кораллар белән күзәткәндә дә, ноктадай гына тоелган йолдызлардан аермалы буларак, диск рәвешендә булуын күрергә мөмкин.

Әгәр берәр планетаның, мәсәлән Марсның, күчешен күзәтеп, йолдызлы картада ай саен аның урынын билгеләп барсаң, планетаның күренмә хәрәкәтендәге төп үзенчәлек сизелергә мөмкин: планета күк йөзе җирлегендә *элмәк* ясый (рәс. 18).

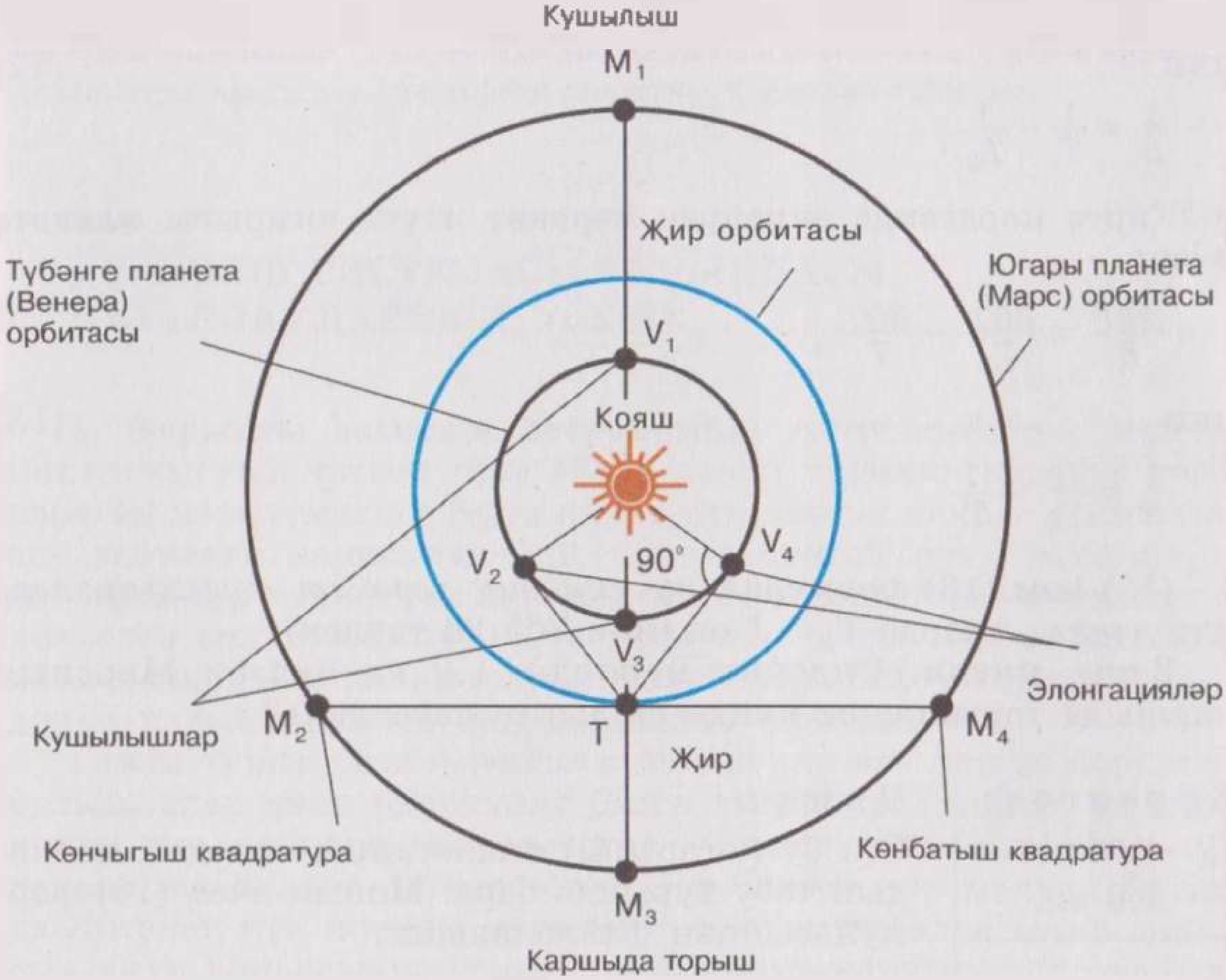
Планеталарның элмәксыман хәрәкәт итүе озак вакытлар буена сер булып килде, һәм сез тиздән аны Коперник тәгълиматының гади генә аңлатып биргәнлеген белерсез.

**2*. Планеталарның конфигурациясе.** Орбиталары Җир орбитасы *эчендә* урнашкан планеталарны *түбәнге планеталар* дип, ә орбиталары Җир орбитасыннан тышта урнашкан планеталарны *югарыгы планеталар* дип атыйлар. Планеталарның Җиргә һәм Кояшка карата үзенчәлекле урнашуы *планеталарның конфигурацияләре* дип атала.

Түбәнге һәм югарыгы планеталарның конфигурацияләре төрлечә була (рәс. 19). Түбәнге планеталарда — **кушылышлар** *(югарыгы* һәм *түбәнге* кушылышлар) һәм **элонгацияләр** *(көнчыгыш* һәм *көнбатыш* элонгацияләр; бу вакытта планеталар Кояштан иң зур почмакча ераклыкта). Югарыгы планеталарда — **квадратуралар** *(көнчыгыш* һәм *көнбатыш* квадратуралар; «квадратура» сүзе түгәрәкнең чирегe дигән мәгънәне белдерә), **кушылыш** һәм **каршыда торыш** (**оппозиция**).

Түбәнге планеталарның күренмә хәрәкәте Кояш тирәсендә тирбәнү хәрәкәтенә охшый. Түбәнге планеталарны элонгация тирәсендә күзәтү бик уңай. (Меркурийның иң зур элонгациясе — 28°, ә Венераның — 48°.) Бу вакытта Җирдән планетаның Кояш яктырткан ярымшары тулысы белән үк күренми, аның бер өлешен генә күреп була (планетаның **фазасы**). Көнчыгыш элонгация вакытында планета, Кояш баеп озак та үтми, көнбатышта күренә, көнбатыш элонгация вакытында исә ул, Кояш чыгарга күп тә калмыйча, көнчыгышта калка.

Югарыгы планеталар каршыда торыш янында планетаның Кояш яктырткан бөтен ярымшары Җиргә карап торганда яхшырак күренәләр.




**Рәс. 19. Планеталарның конфигурацияләре.**

**3*. Планеталарның сидерик (йолдызча) һәм синодик әйләнү периодлары.** *Планета үз орбитасы буенча Кояш тирәсендә тулы әйләнеш ясаган вакыт арасы сидерик (яки йолдызча) әйләнү периоды (T) дип, ә планетаның бердәй ике конфигурациясе арасын үткән вакыт синодик период (S) дип атала.*

Планеталар Кояш тирәсендә бер юнәлештә хәрәкәт итәләр һәм аларның һәркайсы, үзенең сидерик периодына тигез вакыт үткән саен, Кояш тирәсендә бер тапкыр тулы әйләнеш ясый. Мәсәлән, Җирнең сидерик периодына ($T_\oplus$) тигез вакыт үткәч, түбәнге планета Җирне куып уза, ә югарыгы планета аңардан соңгарак кала, ягъни планеталарның башлангыч конфигурациясе кабатланмый. Димәк, синодик период сидерик периодка тигез түгел. Ике период арасында бәйлелек бар һәм аны ачыклау кыен түгел. Моның өчен бер тәүлек эчендә теге яки бу планета һәм Җир күчкән дугаларны ($\frac{360°}{T}$ һәм $\frac{360°}{T_\oplus}$) чагыштырып карыйк. Шушы уртача күчешләр арасындагы аерма планетаның тәүлеклек күчеше ($\frac{360°}{S}$) була да инде. Димәк, орбитасы буенча Җиргә караганда тизрәк хәрәкәт итә торган түбәнге планета өчен мондый тигезләмәне язарга мөмкин:

$$\frac{360°}{S} = \frac{360°}{T} - \frac{360°}{T_\oplus},$$

яки (12)

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_\oplus},$$

ә Җиргә караганда әкренрәк хәрәкәт итүче югарыгы планета өчен:

$$\frac{360°}{S} = \frac{360°}{T_\oplus} - \frac{360°}{T},$$

яки (13)

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_\oplus} - \frac{1}{T}.$$

(12) һәм (13) формулалары *синодик хәрәкәт тигезләмәләре* дип атала. Аларда $T_\oplus = 1$ ел (яки 365,26 тәүлек).

**3 нче мисал.** Сидерик периоды 1,9 ел булган Марсның каршыда торышлары нинди ешлыкта кабатлана?

| Бирелгән: | Чишү: |
|---|---|
| $T_\oplus = 1$ ел. <br> $T = 1{,}9$ ел. <br> $S$ – ? | Сүз бу (югарыгы) планетаның синодик периодын табу турында бара. Моның өчен (13) формуласыннан файдаланыйк: <br> $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_\oplus} - \frac{1}{T}$; $\frac{1}{S} = \frac{T - T_\oplus}{T_\oplus T}$. |

$$S = \frac{T_{\oplus} T}{T - T_{\oplus}} = \frac{1,9}{0,9} \text{ ел} = 2,1 \text{ ел}.$$

Җавап: S = 2,1 ел.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Ни өчен йолдызлы күк йөзе карталарында планеталарның урыны күрсәтелми? 2. «Мәктәп астрономия календаре»ннан файдаланып, Марс, Юпитер, Сатурнны шушы елның кайсы айларында (һәм кайсы йолдызлыкларда) күзәтеп булуын ачыклагыз. 3. Кайсы планеталар — түбәнге планеталарга, кайсылары югарыгы планеталарга карый? 4. Кушылышлар, элонгацияләр, каршыда торышлар һәм квадратуралар вакытында планеталарның үзара торышы ничек булганлыгын тикшерегез (19 нчы рәсемне карагыз). 5. Ни өчен түбәнге һәм югарыгы планеталарны күзәтү өчен кушылышларны уңайлы конфигурация дип санамыйлар? 6. Нинди конфигурацияләр вакытында югарыгы планеталар һәм кайсылары вакытында түбәнге планеталар яхшы күренә? 7. Кайсы планеталар Кояш дискы буенча үтәргә мөмкин, ә кайсылары үтә алмый? 8. Венераның түбәнге кушылышлары һәр 1,6 ел саен кабатлана. Бу планета Кояш тирәли тулы әйләнешне ничә Җир тәүлегендә ясый? 9. Юпитерның Кояш тирәсендә бер тулы әйләнешне 12 ел эчендә ясаганлыгын белгән хәлдә, аның каршыда торышлары арасында үтә торган вакытны хисаплап табыгыз.

## § 8. КОЯШ СИСТЕМАСЫ ТУРЫНДАГЫ КҮЗАЛЛАУЛАРНЫҢ ҮСЕШЕ

**1. Борынгы заманда астрономия.** Астрономиянең кайчан килеп чыгуын төгәаен генә әйтүе кыен: тарихка кадәрге чорга караган мәгълүматлар безгә килеп ирешмәгән диярлек. Кешеләр әле табигать каршында бик көчсез булган ерак заманнарда дөньяны бар иткән һәм аны идарә итә торган гайрәтле табигый көчләргә ышанулар туа. Күп гасырлар буена Айны, Кояшны, планеталарны аллалаштырып килгәннәр. Без боларны барлык дөнья халыкларының **мифларыннан** беләбез.

Галәм турындагы беренче күзаллаулар әле бик тә беркатлы булып, алар дини ышанулар белән тыгыз үрелгәннәр, ул ышанулар исә дөньяны ике өлешкә — җир дөньясына һәм күк дөньясына бүлүгә нигезләнгән. Әгәр хәзер һәр мәктәп баласы да Җирнең күк җисеме икәнлеген белә икән, элек «җир дөньясы» «күк дөньясы»на (тәңреләргә) капма-каршы куелган. Күктә каты гөмбәз бар, йолдызлар шуңа беркетелгән дип уйлаганнар, ә Җирне Галәмнең үзәге дип күз алдына китергәннәр.

**2. Дөнья төзелешенең геоцентрик системасы.** Галәмдә Җирнең үзәк урынны алып торуы турындагы күзаллаулар соңрак Борынгы Греция галимнәре тарафыннан дөньяның геоцентрик системасына нигез итеп алынган. Мәсәлән, иң күренекле грек философы һәм энциклопедист-галим *Аристотель* (яңа эрага кадәр 384—322 еллар) *Ай тотылуларны*, күзәтүләрдән Җирнең шар рәвешендә булуын белсә дә, Җирне хәрәкәтсез дип исәпләгән. Ул, әгәр дә Җир хәрәкәт итсә, бу хәрәкәтне күктәге йолдызларның торышы үзгәрүгә карап сизеп булыр иде, дип искәртеп китә. Йолдызларның мондый күренмә (яки *параллактик*) күчешләре чынлыкта да бар, ләкин йолдызларның гаять ерак булулары сәбәпле бу күчешләр юк дәрәҗәсендә кечкенә һәм аларны беренче тапкыр XIX гасырда гына күрә алдылар.

Антик чор астрономиясен яңа эрага кадәр II гасырда Александрия астрономы *Клавдий Птолемей* гомумиләштерә. Ул дөньяның геоцентрик системасын эшли, бу система буенча, хәрәкәтсез Җир тирәсендә Ай, Меркурий, Венера, Кояш, Марс, Юпитер, Сатурн һәм «хәрәкәтсез йолдызлар сферасы» әйләнеп йөри. Күп гасырлар буена чиркәү әһелләре дөньяның геоцентрик системасын яклап килделәр, чөнки анда, дини тәгълиматлардагы кебек үк, Җиргә «Галәмнең үзәге» кебек урын бирелә.

Гәрчә Птолемейның дөнья системасы Галәм төзелеше турында бөтенләй хата фикерләргә нигезләнгән булса да, ул күк яктырткычларының күренмә хәрәкәтендәге күп кенә үзенчәлекләрне, шул исәптән планеталарның элмәксыман хәрәкәтен дә аңлатып бирә алды. Моңа Птолемей һәр планетаның хәрәкәтен берничә тигез хәрәкәт кушылу нәтиҗәсе дип карау юлы белән ирешә. Мәсәлән, планета Җир әйләнәсендә хәрәкәт итеп кенә калмый, бәлки Җир тирәли үзе дә әйләнеп йөргән нокта янында хәрәкәт итә, дип санаганнар. Птолемей төзегән таблицалар планеталарның күк йөзендәге торышын алдан ук билгеләргә мөмкинлек биргәннәр. Ләкин вакыт узу белән астрономнар планеталарның күзәтелә торган торышлары алдан хисапланган торышлардан аерылуын күргәннәр. Гасырлар буена Птолемейның дөнья системасы фәкать җитәрлек дәрәҗәдә камил түгел дип уйлаганнар һәм, аны камилләштерергә тырышып, һәр планета өчен яңадан-яңа әйләнү хәрәкәтләре комбинациясе өстәп килгәннәр.

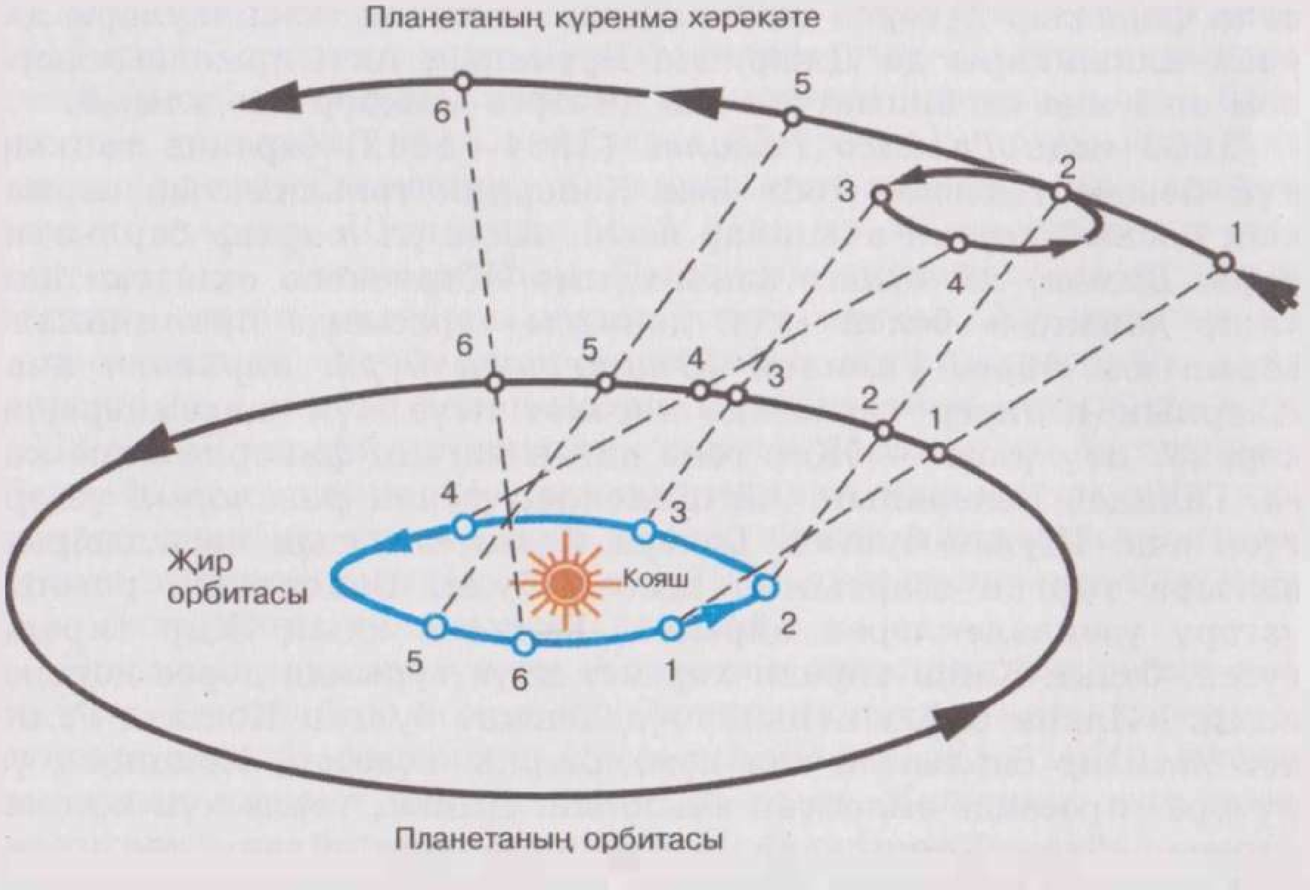
**3. Дөньяның гелиоцентрик системасы.** Бөек поляк астрономы *Николай Коперник* (1473—1543) үзенең дөнья системасын «Күк сфераларының әйләнүе турында» дигән китабында бәян итә, һәм бу китап ул вафат булган елны басылып чыга. Коперник тәгълиматы буенча, дөнья үзәгендә Җир түгел, бәлки Кояш урнашкан. Җир тирәсендә фәкать Ай гына хәрәкәт итә. Җир үзе исә Кояштан ераклыгы буенча (Меркурий белән Венерадан кала) өченче урында торган планета гына. Ул Кояш

тирәсендә әйләнеп йөри һәм үз күчәре тирәсендә дә әйләнә. Җир орбитасы артында Марс, Юпитер һәм Сатурн орбиталары урнашкан. Кояштан бик зур ераклыкта Коперник «хәрәкәтсез йолдызлар сферасы»н урнаштыра.

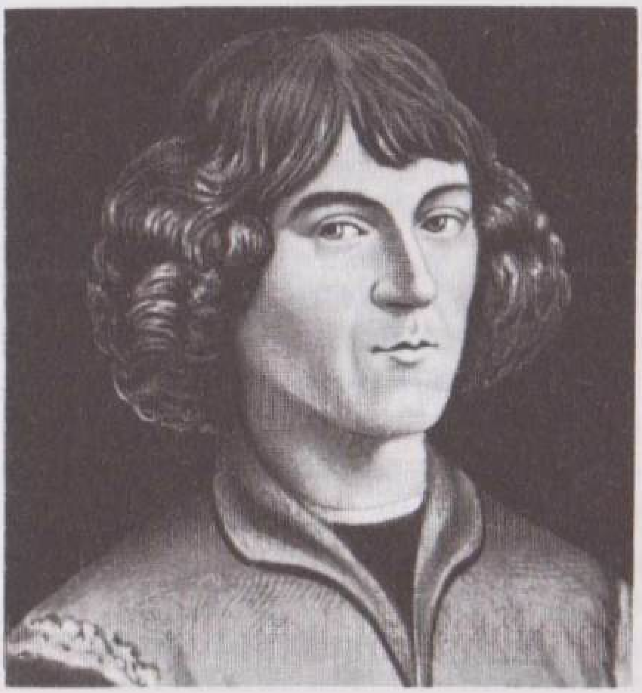
Коперник тәкъдим иткән дөнья системасы **гелиоцентрик система** дип атала. Ул, планеталарның элмәксыман хәрәкәтен гади һәм табигый юл белән аңлатып, моның Кояш тирәли әйләнеп йөрүче планетаны хәрәкәтсез Җирдән түгел, бәлки шулай ук Кояш әйләнәсендә хәрәкәт итүче Җирдән торып күзәтүебез нәтиҗәсендә килеп чыгуын әйтә (рәс. 20). Коперник, астрономиядә беренче тапкыр буларак, Кояш системасы төзелешенең дөрес схемасын биреп кенә калмыйча, планеталарның Кояштан чагыштырма ераклыкларын да (Җирнең Кояштан ераклыгын берәмлек итеп алып) билгеләп һәм аларның Кояш тирәсендә әйләнү периодларын хисаплап бирә.

Коперник тәгълиматы геоцентрик дөнья системасына җимергеч көч кебек китереп сукты. Ул, астрономия фәне кысаларыннан да чыгып, бөтен табигать белемен үстерү өчен куәтле этәргеч булды.

**4. Гелиоцентрик тәгълиматның ыгуы.** Гелиоцентрик системаны кинәт кенә кабул итмәделәр. Мәсәлән, сезгә билгеле булганча, 1600 елны инквизиция хөкеме буенча Рим шәһәрендә күренекле итальян философы, Коперникның эшен дәвам иттерүче *Джордано Бруно* (1548—1600) утта яндырып үтерелә.




**Рәс. 20. Планеталарның элмәксыман хәрәкәтен аңлату.**



Николай Коперник (1473—1543).

Галилео Галилей (1564—1642).

Бруно, Коперник тәгълиматын тагын да үстереп, Галәмнең үзәге юк һәм аның булуы да мөмкин түгел, Кояш — фәкать Кояш системасының үзәге генә ул, дип раслый. Шулай ук ул йолдызларның да безнең Кояш кебек үк кояш булуын, шуның белән бергә, бихисап йолдызлар тирәсендә планеталар хәрәкәт итүен, күп кенә планеталарда гакыллы затлар барлыгын әйтеп, даһи фаразлар күтәреп чыга. Инквизициянең газаплаулары да, учак ялкыннары да Джордано Брунонын ихтыярын сындыра һәм аны яңа тәгълиматтан ваз кичәргә мәҗбүр итә алмый.

1609 елда *Галилео Галилей* (1564—1642) беренче тапкыр күк йөзенә телескоп төби һәм Коперник тәгълиматын аермачык раслый торган ачышлар ясый. Айда ул *таулар* барлыгын күрә. Димәк, Ай өслеге азмы-күпме Җирнекенә охшаган һәм «җир дөньясы» белән «күк дөньясы» арасында принципиаль аерма юк икән. Галилей *Юпитерның дүрт иярченен* ача. Аларның Юпитер тирәсендә хәрәкәт итүе күк җисемнәренең хәрәкәт итү үзәге — Җир генә дигән ялгыш фикерне кире кага. Галилей Венераның, Ай шикелле, үзенең *фазаларын* үзгәртүен ача. Шулай булгач, Венера Кояш яктысын чагылдырып яктыра торган шарсыман җисем була. Венераның рәвеше үзгәрү үзенчәлекләрен өйрәнеп, Галилей аның Җир тирәли түгел, бәлки Кояш тирәли хәрәкәт итүе турында дөрес нәтиҗә ясый. «Илаһи сафлык»ның гәүдәләнеше булган Кояшта Галилей *таплар* барлыгын ача һәм, аларны күзәтеп, Кояшның үз күчәре тирәсендә әйләнүен ачыклый. Димәк, төрле күк җисемнәренә, әйтик Кояшка да, күчәр тирәсендә әйләнү хас икән. Ниһаять, ул *Киек Каз Юлының* коралсыз күзгә күренми торган күп санлы тонык йолдызлардан гыйбарәт булуын ача.

Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765).

Иоганн Кеплер (1571—1630).

Шулай булгач, Галәм элек уйлаганга караганда шактый зуррак булып чыга һәм ул кечкенә генә Җир тирәсендә тәүлек эчендә тулы әйләнеш ясый дип фараз итү ифрат беркатлылык булган.

Галилейның ачышлары гелиоцентрик дөнья системасы тарафдарлары санын арттыра һәм бер үк вакытта чиркәү әһелләрен коперникчыларны ныграк эзәрлекләргә мәҗбүр итә. 1616 елда Коперникның «Күк сфераларының әйләнүе турында» дигән китабы тыелган китаплар исемлегенә кертелә, ә анда бәян ителгән тәгълимат изге язмаларга (Тәүратка) каршы килә дип игълан ителә. Галилейны Коперник тәгълиматын пропагандалаудан тыялар. Шулай да 1632 елда ул «Дөньяның ике төп системасы — Птолемей һәм Коперник системалары турында әңгәмә» дигән китабын нәшер итүгә ирешә. Бу китапта ул гелиоцентрик системаның дөреслеген ышандырырлык итеп күрсәтә һәм моның белән католик чиркәвенең ачуын кузгата. 1633 елда Галилей инквизиция хөкеме каршысына бастырыла. Картайган галимне үз карашларымнан ваз кичәм дип кул куярга мәҗбүр итәләр һәм гомере буена инквизиция күзәтчелеге астында тоталар. Фәкать 1992 елда гына католик чиркәве Галилейны тулысынча аклады.

Бруноны җәзалап үтерү, Коперник тәгълиматын рәсми төстә тыю, Галилейны хөкем итү Коперник тәгълиматы таралуын туктата алмый. Австриядә *Иоганн Кеплер* (1571—1630), планеталарның хәрәкәт итү законнарын ачып, Коперник тәгълиматын тагын да үстерә. Англиядә *Исаак Ньютон* (1643—1727) үзенең атаклы бөтендөнья тартылу законын игълан итә. Россиядә Коперник тәгълиматын *М. В. Ломоносов* (1711—1765)

кыю тәстә яклый, Венераның атмосферасы барлыгын ача, кешеләр яши торган дөньяларның күп булуы турындагы фикерне яклап чыга һәм тапкыр сүзле шигырьләрендә геоцентризм тарафдарларыннан көлә.

**Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр**

1. Коперник ачышының асылы һәм әһәмияте нәрсәдә? 2. Бруно, Галилей һәм Ломоносов хезмәтләрендә гелиоцентризм идеяләре ничек нигезләнде һәм үстерелде? 3. Галилей ясаган ачышларның әһәмияте нинди, һәм ни өчен чиркәү гасырлар үткәч бөек галимне акларга мәҗбүр була? Җавабыгызны нигезләргә тырышыгыз.

## § 9. КЕПЛЕР ЗАКОННАРЫ — КҮК ҖИСЕМНӘРЕНЕҢ ХӘРӘКӘТ ИТҮ ЗАКОННАРЫ

Бик борынгы заманнардан ук инде күк җисемнәре «идеаль кәкресызыклар» — әйләнәләр буенча хәрәкәт итәләр дип исәпләгәннәр. Түгәрәк буенча хәрәкәт итү Коперник теориясендә дә шик астына алынмый. Ләкин XVII гасырда күк җисемнәре орбиталарының чынлыкта әйләнәдән аерылып торуы ачыкланды. Бу мөһим ачыш — Иоганн Кеплерныкы.

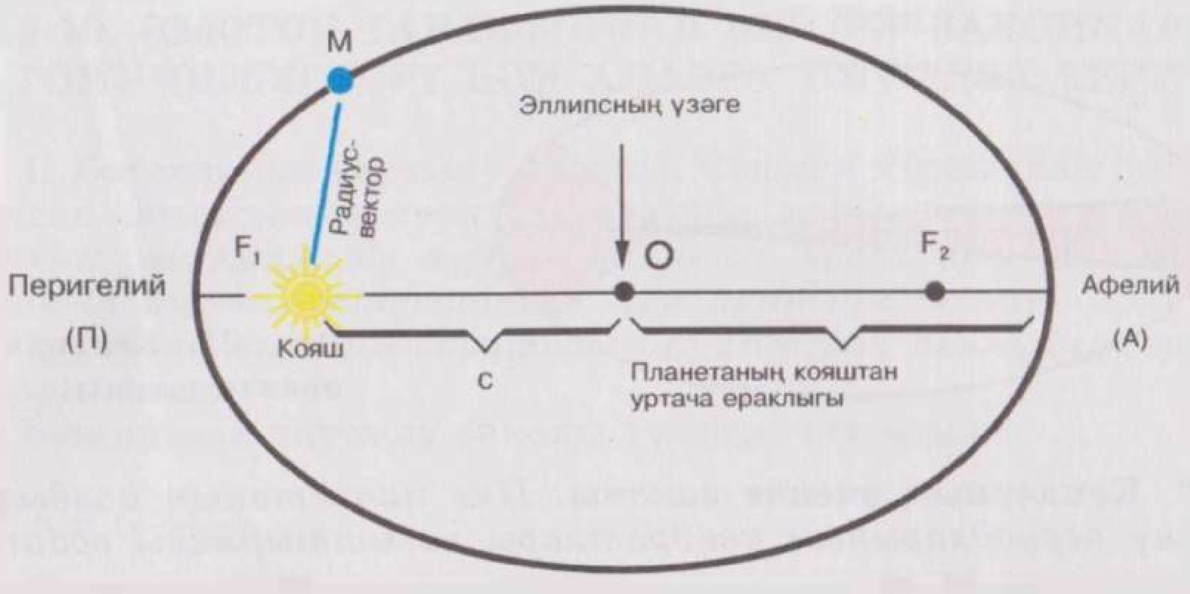
Кеплер Коперник тәгълиматының төп нигезләре дөрес булуына шикләнми, ләкин ул планеталарның алдан хисапланган һәм күзәтеп табылган торышлары арасында аерма барлыгын да белгән. Мондый тәңгәлсезлекне бетерү өчен, Кеплерга планеталарның түгәрәк буенча һәм тигез хәрәкәт итүе турындагы фикердән баш тартырга туры килә. Планеталарның гелиоцентрик орбиталарын билгеләү өчен, ул Дания астрономы *Тихо Браганың* (1546 — 1601) күзәтү нәтиҗәләреннән файдалана. Кеплер Марсның хәрәкәтен аеруча җентекләп өйрәнә. Аның күпьеллык эшләренең нәтиҗәсе — планеталар хәрәкәтенең өч төп законын ачу. Бу законнар Кеплер исемен йөртә.

**1. Кеплерның беренче законы.** *Һәр планетаның орбитасы эллипстан гыйбарәт, Кояш аның бер фокусында ($F_1$) тора* (рәс. 21).

Эллипсның формасын, аның түгәрәк әйләнәсеннән ни дәрәҗәдә аерылып торуын түбәндәге нисбәт билгели:

$$e = \frac{c}{a}, \qquad (14)$$

биредә $c$ — эллипсның үзәгеннән фокусына кадәр ераклык; $a$ — зур ярымкүчәр; $e$ зурлыгы эллипсның э к с ц е н т р и с и т е т ы дип атала. $e$ зуррак булган саен эллипс әйләнәдән ныграк аерыла. Әгәр $c = 0$ булса (фокуслары үзәге белән тәңгәл булса), $e = 0$ һәм эллипс $a$ радиуслы әйләнәгә әверелә.




**Рәс. 21. Планетаның орбитасы — эллипс.**

Венера һәм Җир орбиталары әйләнәгә бик якын (Венера орбитасының эксцентриситеты — 0,0068, Җирнеке — 0,0167). Башка планеталарның күбесенең орбиталары сузынкырак. Орбитаның Кояшка иң якын ноктасын (П) перигелий дип (грекча *пери* — тирәсендә, янында; *Гелиос* — Кояш), ә иң ерак ноктасын (*А*) афелий дип (грекча *апо* — ерактагы) атыйлар. Планета орбитасының зур ярымкүчәре аның Кояшка кадәр уртача ераклык булуына ышану кыен түгел. Җирнең Кояшка кадәр уртача ераклыгы астрономиядә ераклык берәмлеге итеп алынган һәм ул астрономик берәмлек (а.б.) дип атала:

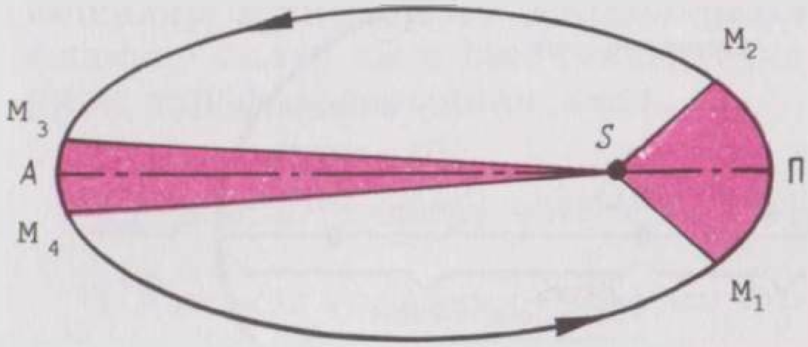
**1 а.б. = 149 600 000 км.**

Планеталар гына түгел, аларның табигый һәм ясалма иярченнәре дә эллипслар буенча хәрәкәт итә. Ай орбитасының яки Җирнең берәр ясалма иярчене орбитасының Җиргә иң якын ноктасы перигей (грекча *Гея*, яки *Ге* — Җир) дип, ә иң ерак ноктасы апогей дип атала. Айның ясалма иярчене орбитасында тиңдәшле нокталар периселений (грекча *Селена* — Ай) һәм апоселений исеме алдылар.

**2. Кеплерның икенче законы.** *Планетаның радиус-векторы бердәй вакыт араларында бертигез мәйданнар сыза.*

$M_1SM_2$ һәм $M_4SM_3$ (рәс. 22) мәйданнары бертигез.

Орбитаның $\overset{\smile}{M_1 M_2}$ һәм $\overset{\smile}{M_3 M_4}$ бүлемтекләрен планета төрле вакыт эчендә уза. Ләкин $\overset{\smile}{M_1 M_2} > \overset{\smile}{M_3 M_4}$. Димәк, планета Кояш (*S*) тирәсендә тигезсез хәрәкәт итә: перигелий тирәсендә планетаның сызыкча тизлеге афелий тирәсендәгегә караганда зуррак.




**Рәс. 22. Кеплерның икенче законы.**

**3. Кеплерның өченче законы.** *Ике планетаның йолдызча әйләнү периодларының квадратлары чагыштырмасы орбиталарының зур ярымкүчәрләре кублары чагыштырмасына тигез була.*

Әгәр Кояш тирәсендә әйләнеп йөри торган ике планета орбиталарының зур ярымкүчәрләре $a_1$ һәм $a_2$, ә әйләнү периодлары $T_1$ һәм $T_2$ булса, Кеплерның өченче законын түбәндәге рәвештә язарга мөмкин:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}. \qquad (15)$$

Беренче ике законы кебек, Кеплерның өченче законы да планеталар хәрәкәтенә карата гына түгел, бәлки аларның табигый һәм ясалма иярченнәре хәрәкәтенә карата куллану өчен дә яраклы.

**4 нче мисал.** Кояштан Җиргә караганда якынча бер ярым тапкыр ераграк урнашкан Марс Кояш тирәсендә тулы әйләнешне күпме вакыт эчендә ясый?

| Бирелгән | Чишү: |
|---|---|
| $a_1 = 1{,}5$ а. б.<br>$a_⊕ = 1$ а. б.<br>$T_⊕ = 1$ ел. | $\frac{T_1^2}{T_⊕^2} = \frac{a_1^3}{a_⊕^3}$; $T_1 = \sqrt{\frac{T_⊕^2 a_1^3}{a_⊕^3}}$; |
| $T_1$ – ? | $T_1 = \frac{T_⊕ a_1}{a_⊕}\sqrt{\frac{a_1}{a_⊕}}$;<br>$T_1 = 1{,}5\sqrt{1{,}5}$ ел $\approx 1{,}9$ ел.<br>Җавап: $T_1 \approx 1{,}9$ ел. |

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

**1.** Ни өчен планета орбитасының зур ярымкүчәрен аның Кояштан уртача ераклыгына тигез дип саныйлар? **2.** Җирдәге ел исәбе белән 84 ел эчендә Уран Кояш тирәсендә бер әйләнеш ясый. Ул Кояштан Җиргә караганда ничә тапкыр ераграк?

## § 10. НЬЮТОН ТАРАФЫННАН КЕПЛЕР ЗАКОННАРЫН ГОМУМИЛӘШТЕРҮ ҺӘМ АЛАРГА ТӨГӘЛЛЕК КЕРТҮ

**1. Бөтендөнья тартылу законы.** Физика курсыннан билгеле булган бөтендөнья тартылу законы түбәндәгечә яңгырый: *барлык җисемнәр дә модуле аларның массалары тапкырчыгышына туры пропорциональ һәм алар арасындагы ераклык квадратына кире пропорциональ булган көч белән бер-берсенә тартылалар.*

Бөтендөнья тартылу законы түбәндәгечә язылa:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (16)$$

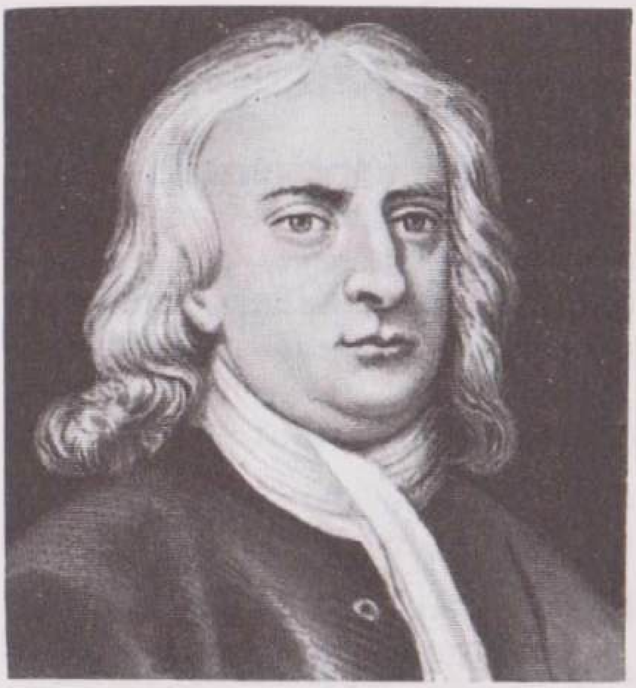
биредә $m_1$ һәм $m_2$ — җисемнәрнең массасы; $r$ — аларның үзәкләре арасындагы ераклык; $G$ — бөтендөнья тартылу константасы (СИ буенча аның зурлыгы $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н $\cdot$ м$^2$/кг$^2$).

Физикадан сез гравитациянең табигатьтәге барлык җисемнәргә дә хас үзлек икәнлеген беләсез. Күк җисемнәре дөньясында ул гадәттән тыш мөһим урын тота; аның ярдәмендә барлык хәрәкәтләрне диярлек аңлату өстенә, күк җисемнәренең барлыкка килүе һәм үсеше белән бәйле күп кенә процессларны да аңлатырга мөмкин. Әгәр Кеплер законнары күк җисемнәре нинди траекторияләр буенча хәрәкәт итә дигән сорауга җавап бирә икән, бөтендөнья тартылу законы планеталарны Кояш янында, иярченнәрне планеталар янында нинди көч тотып тора дигән сорауларга һ. б. җавап бирә.

Астрономиядә күк җисемнәренең үзара тартылу тәэсирендә хәрәкәт итүен тикшерә торган бүлек к ү к  м е х а н и к а с ы дип атала. Кеплер законнары һәм бөтендөнья тартылу законы күк механикасының төп законнары булып исәпләнә.

**2. Тайпылышлар. Нептунны ачу.** Төп-төгәл эллипс буенча хәрәкәт итү бер җисем тәэсир иткән очракка гына кагыла. Ләкин теләсә кайсы планета башка планеталар, үзләренең иярченнәре һ. б. тарафыннан да тартыла. Нәтиҗәдә эллиптик траекториядә бозылулар килеп чыга, күк механикасында аларны т а й п ы л ы ш л а р  дип атыйлар.

Меркурий, Венера, Марс, Юпитер һәм Сатурн кешеләргә бик борынгыдан ук билгеле булганнар. Безнең Җиребезнең дә Кояш системасындагы планета булуы турындагы фикер беренче тапкыр Н. Коперник тарафыннан нигезләнгән. Сатурн орбитасы артында урнашкан һәм күзгә күренми торган планетаны 1781 елда инглиз астрономы (астрономия белән һәвәскәрләрчә шөгыльләнә башлаган профессиональ музыкант) *Уильям Гершель* (1738—1822) телескоп ярдәмендә ача. Аңа *Уран* дигән исем бирелә. Күк механикасы законнарына нигезләнеп, астрономнар Уранның орбитасын хисаплап чыгаралар, ләкин, озак та үтмәстән, яңа планета хәрәкәтендә Кеплер орбитасыннан тайпылышлар булуы сизелде. Күзәтелә торган тайпылышларны



**Исаак Ньютон (1643—1727).**

я бөтендөнья тартылу законының йогынтысы якын планеталар белән генә чикләнә, яисә Уран артында аның хәрәкәтен бозып юлдан тайпылдыра торган тагын ниндидер планета бар дип кенә аңлатырга мөмкин иде. Астрономнар, нәкъ менә шушы, икенче фаразны кабул итеп, яңа планета ачарга, ягъни аның галәм киңлегендәге урынын хисаплап карарга ниятләделәр. Бу мәсьәләне бер-берсенә бәйсез рәвештә ике яшь математик — инглиз *Джон Адамс* (1819—1892) һәм француз *Урбен Леверье* (1811—1877) чишүгә ирештеләр. Берлин обсерваториясе астрономы *Иоганн Галле* (1812—1910), Леверьеның әлеге планетаны ул күрсәткән урында эзләргә дип үтенгән телеграммасын алгач, 1846 елның 23 сентябрендә Сукояр йолдызлыгында бер генә йолдызлар картасында да теркәлмәгән яктырткычны күреп ала. Кояш системасының *Нептун* дип исем бирелгән сигезенче планетасы шулай ачылды. Бу — күк механикасының казанышы, гелиоцентрик системаның тантанасы булды. Кояш системасының тугызынчы планетасы *Плутонны* 1930 елда гына ача алдылар.

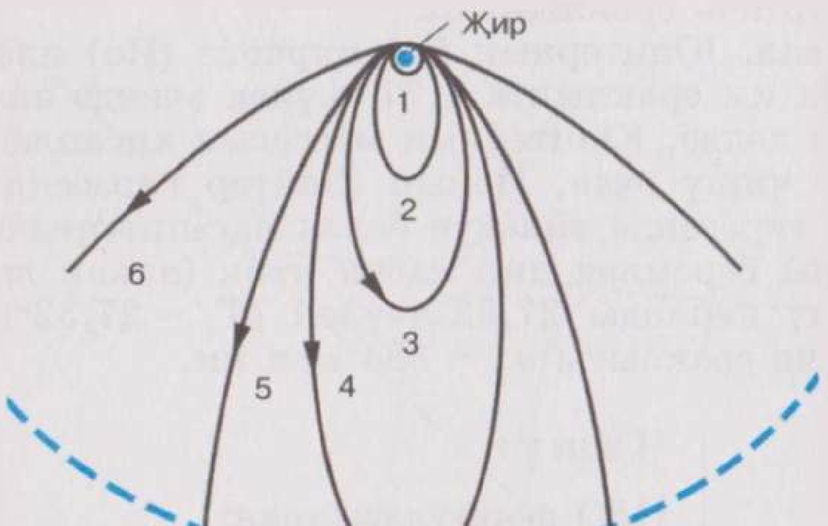
**3. Ньютон тарафыннан Кеплер законнарының гомумиләштерелүе.** Сезгә инде билгеле булганча, Кеплер үз законнарын тәҗрибә юлы белән ачкан. Ньютон Кеплер законнарын бөтендөнья тартылу законыннан чыгарган. Ул *бөтендөнья тартылу көче тәэсирендә бер күк җисеменең икенчесе тирәсендә әйләнә, эллипс, парабола һәм гипербола буенча хәрәкәт итә алуын* исбатлый. Кеплерның Ньютон тарафыннан гомумиләштерелгән беренче законы шуннан гыйбарәт. Ул универсаль эчтәлекле һәм үзара тартылу көче тәэсирендәге теләсә нинди җисемнәргә карата да дөрес. Ясалма күк җисемнәренең хәрәкәте дә аңа буйсына. Шуны исегезгә төшерик, орбитаның формасы башлангыч тизлекнең модуленә һәм юнәлешенә бәйле (рәс. 23).

Кеплерның икенче законы гомумиләштерүне таләп итми. Әйләнеп йөрүче җисемнәрнең теләсә нинди системасына карата Кеплерның Ньютон тарафыннан гомумиләштерелгән өченче законы күк җисемнәренең массаларын билгеләүдә зур әһәмияткә ия. Аерым алганда, әгәр зур массалы (үзәк) җисем Кояш булса, аңа һәм аның тирәсендә хәрәкәт итүче ике планетага карата Кеплерның өченче законы түбәндәге рәвештә була:

$$\frac{T_1^2(M_{\oplus}+m_1)}{T_2^2(M_{\oplus}+m_2)}=\frac{a_1^3}{a_2^3}, \tag{17}$$

ягъни *планеталарның йолдызча периодлары квадратларының* ($T_1^2$ һәм $T_2^2$) *Кояш һәм бу планета массалары суммасы* ($M_{\oplus}+m_1$ һәм $M_{\oplus}+m_2$ ) *тапкырчыгышлары чагыштырмасы шул планеталарның зур ярымкүчәрләре кублары* ($a_1^3$ һәм $a_2^3$) *чагыштырмасына тигез.*

Кеплерның өченче законын башка системаларга карата, мәсәлән, планетаның Кояш тирәсендә һәм иярченнең планета тирәсендә хәрәкәтенә карата кулланырга мөмкин. Кояш, планета һәм аның иярчененең массаларын тиңдәшле рәвештә $M_{\oplus}$, $m$ һәм $m_1$ планетаның Кояш тирәсендә һәм иярченнең планета тирәсендә әйләнү периодларын — $T$ һәм $T_1$ һәм, ниһаять, планетаның Кояштан һәм иярченнән планетадан уртача ераклыкларын $a$ һәм $a_1$ дип билгелик. Ул чагында Кеплерның өченче законын түбәндәге рәвештә язарга була:




**Рәс. 23. Ясалма күк җисеме орбитасының формасы башлангыч $v_0$ тизлегенә бәйле. Төрле башлангыч тизлекләр вакытындагы орбиталар (барлык очракларда да тизлек векторлары горизонталь, ягъни Җир радиусына перпендикуляр юнәлгән):**

*1* — түгәрәк ($v_0$ = 7,9 км/с); *2, 3, 4* — эллипслар ($v_0$ тиңдәшле рәвештә 10,0 км/с; 11 км/с; 11,1 км/с булганда); *5* — парабола ($v_0$ ≈ 11,2 км/с); *6* — гипербола ($v_0$ ≈ 12,0 км/с).

$$\frac{T^2(M_{\oplus}+m)}{T_1^2(m+m_1)}=\frac{a^3}{a_1^3}.$$

Кояшның массасы теләсә кайсы планетаның массасыннан күп тапкырга зуррак, ягъни $M_{\oplus} \gg m$. Планетаның массасы да иярчен массасы белән чагыштырганда, гадәттә, бик зур (Җир белән Ай һәм Плутон белән аның иярчене Харон гына бу исәпкә керми), ягъни $m \gg m_1$. Шуңа күрә Кояш массасының планета массасына чагыштырмасын җитәрлек кадәр төгәллек белән түбәндәге формула буенча хисаплап табарга мөмкин:

$$\frac{M_{\oplus}}{m}=\left(\frac{T_1}{T}\right)^2\left(\frac{a}{a_1}\right)^3. \qquad (18)$$

(18) формуласы планетаның Кояш тирәсендәге һәм иярченнең планета тирәсендәге хәрәкәтен тикшереп табылды. Планетаның (иярчене булган планетаның) массасын хисаплау формуласы да, әгәр бу системаны башка планета һәм аның иярчене белән чагыштырсаң, әлеге формулага охшаган булыр:

$$\frac{m'}{m_1'}=\left(\frac{T_1'}{T'}\right)^2\left(\frac{a'}{a_1'}\right)^3. \qquad (18')$$

биредә $m'$ һәм $m_1'$ — чагыштырыла торган планеталарның массалары; $T'$ һәм $T_1'$ — ул планеталарның иярченнәре әйләнеп йөргән периодлар; $a'$ һәм $a_1'$ — иярченнәр белән планеталар арасындагы уртача ераклыклар.

**5 нче мисал.** Юпитерның бер иярчене (Ио) планета тирәсендә 422 мең км ераклыкта 1,77 тәүлек эчендә әйләнеп чыкканын белгән хәлдә, Юпитерның массасын хисаплап табарга.

Мәсьәләне чишү өчен, Ионың Юпитер тирәсендә әйләнүен Айның Җир тирәсендә әйләнүе белән чагыштырыйк. Җирнең массасы $M_{\oplus}$ ны берәмлек дип кабул итик (ягъни $m_1'=M_{\oplus}=1$), Айның әйләнү периоды 27,32 тәүлек ($T_1'=27{,}32^{к}$), ә Айның Җирдән уртача ераклыгы $a_1'=384$ мең км.

Бирелгән:

$m_1' = M_{\oplus} = 1$
$T_1' = 27{,}32^{к}$
$T' = 1{,}77^{к}$
$a_1' = 3{,}84 \cdot 10^5$км
$a' = 4{,}22 \cdot 10^5$км

$m'$ — ?

Чишү:

(18′) формуласыннан:

$$m'=\left(\frac{T_1'}{T'}\right)^2\left(\frac{a'}{a_1'}\right)^3 m_1';$$

$$m'=\frac{(27{,}32)^2\cdot(4{,}22\cdot10^5)^3}{(1{,}77)^2\cdot(3{,}84\cdot10^5)^3}\,m'=317\ m_1'.$$

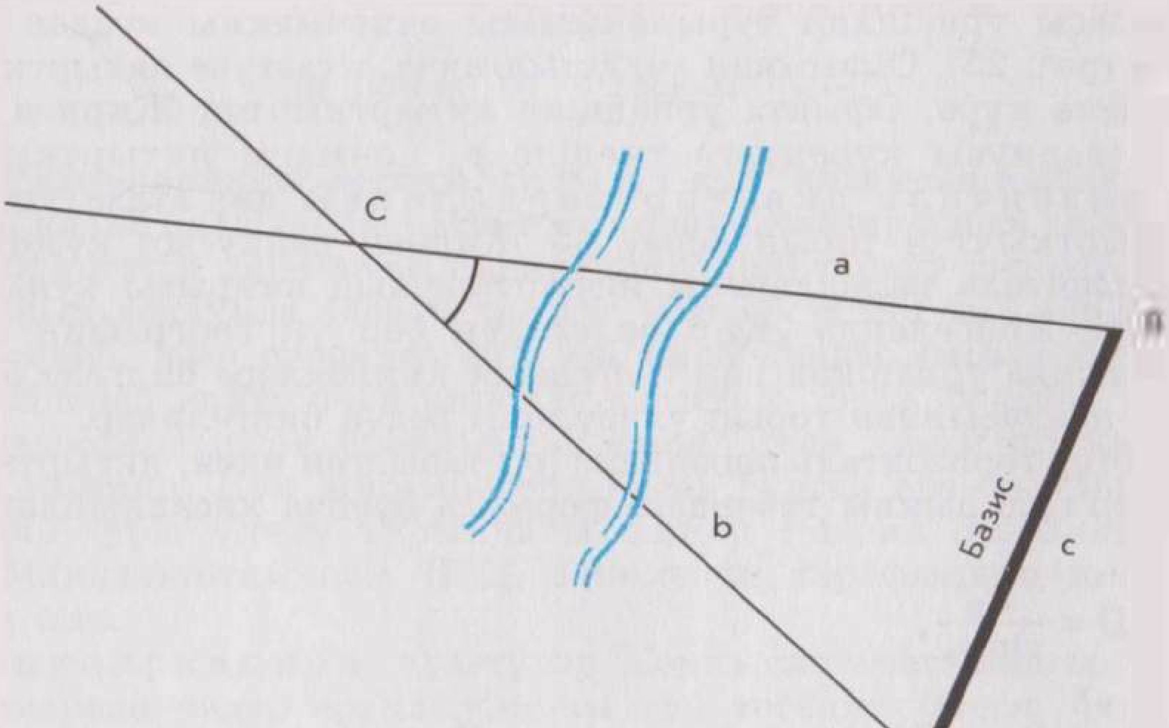
Җавап: $m'=317\ M_{\oplus}$.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

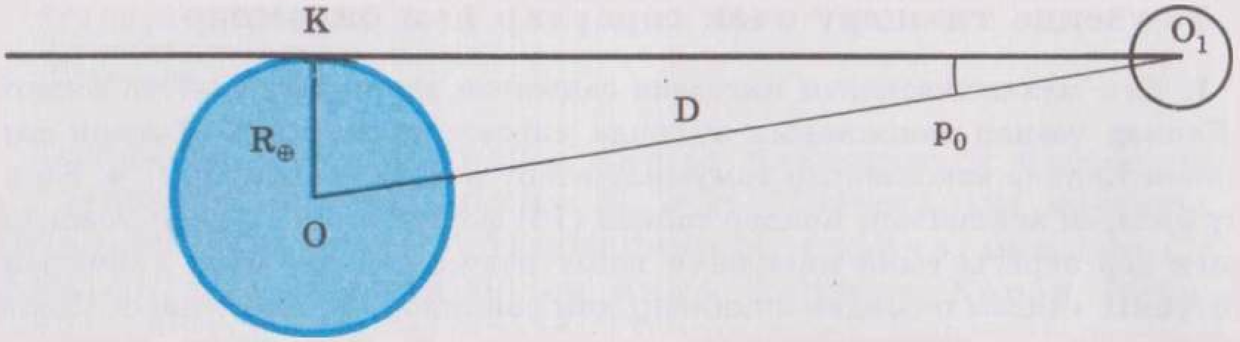
**1.** Күк механикасының нигезенә салынган законнарны әйтеп бирегез. **2.** Кеплер үзенең законнарын ачканда нәрсәгә таянган? **3.** Ньютон тарафыннан Кеплер законнарын гомумиләштерү нәрсәдән гыйбарәт? **4.** Күзәтү нәтиҗәләрен анализлап, Кеплер тапкан (15) формуласы (17) формуласының аерым бер очрагы гына икәнлеген исбат итегез. **5*.** Ни өчен кайчагында Нептунны «каләм очында» ачканнар дип сөйлиләр? **6.** Кеплерның Ньютон тарафыннан гомумиләштерелгән өченче законыннан нинди әһәмиятле физик характеристиканы хисаплап чыгарырга мөмкин? **7*.** Уранның бер иярчене (Титания) планета тирәли 438 мең км ераклыкта 8 тәүлек 17 сәгатьлек период белән әйләнеп йөрүе билгеле булганда, Уранның массасын Җир массасы белән чагыштырыгыз. **8*.** Әгәр дә Кояшның массасы хәзергедән ике тапкыр зуррак булып, Җир Кояштан шул ук ераклыкта торса, Җир Кояш тирәсендә күпме вакыт эчендә бер әйләнеш ясар иде?

## § 11. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ ҖИСЕМНӘРГӘ КАДӘР ЕРАКЛЫКНЫ ҺӘМ БУ ҖИСЕМНӘРНЕҢ ҮЛЧӘМНӘРЕН БИЛГЕЛӘҮ

**1. Ераклыкны яктырткычларның параллакслары буенча билгеләү.** *A* ноктасыннан янына барып булмый торган C ноктасына кадәр ераклыкны белергә кирәк булды, ди (рәс. 24). Моның өчен иң элек янына барырлык нинди дә булса *B* нокта-




**Рәс. 24. Янына барып булмый торган объектка кадәр булган ераклыкны билгеләү.**




**Рәс. 25. Яктырткычның горизонталь параллаксы.**

сына кадәр араны җентекләп үлчиләр. *AB* кисемтәсе базис дип атала. Аннары *A* һәм *B* нокталарында почмак үлчәгеч геодезик корал белән *CAB* һәм *ABC* почмакларын үлчиләр. Шулай итеп, *ABC* өчпочмагында почмаклар һәм $AB = c$ ягы билгеле. Кысынкы почмаклы *ABC* өчпочмагының калган элементларын тригонометрия формулалары буенча хисаплап табарга мөмкин.

Янына барып булмый торган ноктадан базис күренгән *ABC* почмагы параллакс дип атала. Теге яки бу предметка кадәр ераклык бирелгән булса, базис зуррак булган саен параллакс та зуррак була.

Кояш системасы чикләрендә базис сыйфатында Җирнең экватор радиусы файдаланыла. Түбәләрендә яктырткычның үзәге $O_1$, Җир үзәге *O* һәм күзәтүче урынын күрсәтүче *K* ноктасы урнашкан турыпочмаклы өчпочмакны күздән кичерик (рәс. 25). Сызымнан аңлашылганча, күзәтүче яктырткычны офыкта күрә. Офыкта урнашкан яктырткычтан Җирнең экватор радиусы күренергә тиешле $p_0$ почмагы яктырткычның горизонталь экватор параллаксы дип атала. Әлбәттә, яктырткычтан торып берәү дә Җирнең радиусын күзәтми, ә горизонталь параллаксны яктырткычның югарыгы кульминациясе мизгелендә Җир өслегенең бер үк географик меридианында урнашкан һәм географик киңлекләре билгеле булган ике ноктасыннан торып үлчәү юлы белән билгелиләр.

Әгәр горизонталь параллакс ($p_0$) табылган икән, яктырткычка кадәр ераклыкны түбәндәге формула буенча хисаплыйлар:

$$D = \frac{R_\oplus}{\sin p_0}, \qquad (19)$$

биредә *D* — Җир үзәгеннән алып Кояш системасындагы берәр җисемнең үзәгенә кадәр булган ераклык; $R_\oplus$ — Җирнең экватор радиусы (Җир радиусын билгеләү ысулының нигезләре § 12 та аңлатылыр); $p_0$ — яктырткычның горизонталь параллаксы.

Җиргә иң якын булган күк җисеме — Ай — иң зур горизонталь параллакска ия ($p_☾ = 57'02''$). Планеталарның һәм Кояшның параллакслары дуганың берничә секунды кадәр генә ($p_☉ = 8{,}79''$). $p_0$ почмаклары бик кечкенә булганлыктан, аларның синусын почмакның үзе белән алмаштырырга мөмкин, ягъни, әгәр почмак зурлыгы радианнарда күрсәтелсә, $\sin p_0 = p_0$. Ләкин $p_0$ гадәттә дуга секундларында күрсәтелә, шуңа күрә $\sin p_0 = \frac{p_0}{206\,265''}$, чөнки 1 радиан $= 57{,}3° = 3438' = 206\,265''$. Моны исәпкә алгач, (19) формуласын түбәндәге рәвештә язарга була:

$$D = \frac{206\,265''}{p_0} R_⊕, \qquad (20)$$

биредә $p_0$ — дуга секундларында, ә $D$ зурлыгы, $R_⊕$ га бәйле рәвештә я километрларда (әгәр $R_⊕$ километрлар белән бирелсә), яисә Җир радиуслары белән күрсәтелә.

**6 нчы мисал.** Айның горизонталь параллаксы һәм Җирнең экватор радиусы (6378 км) билгеле булганда, Җирдән алып Айга кадәрге ераклыкны табарга.

Бирелгән:

$p_☾ = 57'02''$

$R_⊕ = 6378$ км

$D_☾ - ?$

Чишү:

$$D = \frac{206\,265'' R_⊕}{p_0};$$

$$D_☾ = \frac{206\,265'' \cdot 6378 \text{ км}}{3422''} \approx 384\,400 \text{ км}.$$

Җавап: $D_☾ = 384\,400$ км.

**2. Радиолокация методы.** Бу ысул күк җисеменә кыска вакытлы көчле радиосигнал җибәреп, аннан кайтарылган сигналны кабул итүгә нигезләнә. Радиодулкыннар таралу тизлеге яктылыкның вакуумда таралу тизлеге кадәр: $c = 299\ 792\ 458$ м/с. Шуңа күрә, әгәр сигналга күк җисеменә кадәр барып җитеп кире әйләнеп кайту өчен кирәкле вакытны төгәл үлчәсәң, безне кызыксындырган ераклыкны җиңел генә хисаплап чыгарырга мөмкин. Күк җисемнәренә кадәр булган ераклыкларны турыдан-туры үлчәү турындагы фикер Россия физиклары Л. И. Мандельштам һәм Н. Д. Папалекси тарафыннан нигезләнгән иде.

Радиолокацион күзәтүләр Кояш системасындагы күк җисемнәренә кадәр ераклыкларны зур төгәллек белән билгеләргә мөмкинлек бирә. Айга, Венерага, Меркурийга, Марска, Юпитерга кадәр ераклыкларга шушы ысул белән төгәллек кертелде.

Космик очышлар өчен астрономик берәмлекне аеруча төгәл белү зарур. Әле бик күптән дә түгел астрономик берәмлек

4 К-5/310

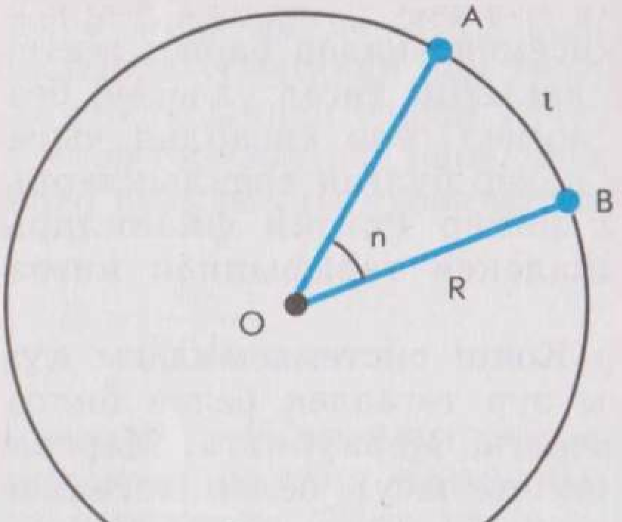
берничә дистә мең километр төгәллек белән генә мәгълүм иде. Венераны радиолокацион күзәтүләрдән соң астрономик берәмлекнең түбәндәге зурлыгы алынды:

**1 а. б. = (149 597 868 ± 07) км.**

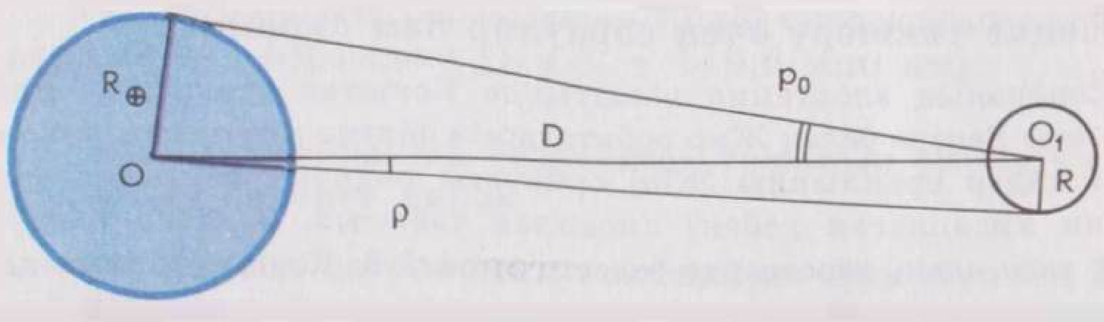
Астрономик берәмлекнең түгәрәкләп алынган зурлыгы (149 600 000 км) Кояшның параллаксына $p_{\odot} = 8{,}7940''$ туры килә.

**3*. Айны лазер нурлары белән тикшерү (локацияләү).** Куәтле яктылык нурланышы чыганагы — оптик квант генераторлары (лазерлар) уйлап табылганнан соң, Айны лазер белән тикшерү (локацияләү) буенча тәҗрибәләр үткәрә башладылар. Оптик локация Ай һәм Җир өслегендә урнашкан нокталар арасындагы ераклыкны сантиметрларга кадәр төгәллек белән дөресләргә юл ача. Мондый зур төгәллек космик геодезиянең күп кенә мәсьәләләрен чишү, Җир континентларының хәрәкәте турындагы мәсьәләләрне ачыклау, космик тикшеренүләрне алга таба үстерү өчен кирәк.

**4. Кояш системасындагы җисемнәрнең үлчәмнәрен билгеләү.** Иң элек Җир радиусын билгеләү ысулы белән танышыйк. Җирне $R_{⊕}$ радиуслы шар дип алып, Җир өслегендә бер үк географик меридианда урнашкан ике нокта арасындагы сызыкча ераклыкны ($l$ — мәсәлән, километрларда) һәм почмакча ераклыкны ($n$ — мәсәлән, градусларда) үлчиләр (рәс. 26). Аннары бу меридианның 1° ка туры килгән дуга озынлыгын, ә аннан соң Җирнең радиусын хисаплап чыгаралар. $AB$ дугасының озынлыгы $l$, ә бу дуганы киереп торган һәм $A$ белән $B$ нокталарының географик киңлекләре аермасына тигез булган үзәк почмак $\angle AOB = n$ булсын ($O$ — Җирнең үзәге). Ул вакытта меридиандагы 1° дуганың озынлыгы $\frac{l}{n} = \frac{2\pi R_{⊕}}{360°}$, димәк,




Рәс. 26. Җирнең радиусын хисаплау.




**Рәс. 27. Кояш системасындагы җисемнәрнең сызыкча үлчәмнәрен билгеләү.**

$$R_{\oplus} = \frac{180°}{\pi a}. \quad (21)$$

Кояш системасындагы күк җисемнәрен күзәткәндә аларның Җирдән күзәтүчегә нинди почмак ясап күренүен үлчәргә мөмкин. Яктырткычның менә шушы почмакча радиусын (ρ) һәм $D$ яктырткычына кадәр ераклыкны белгәндә, сызыкча радиус $R$ ны хисаплап табарга мөмкин (рәс. 27):

$$R = D \sin \rho. \quad (22)$$

(19) формуласын исәпкә алып табабыз:

$$R = \frac{\sin \rho}{\sin p_0} R_{\oplus}. \quad (22')$$

Ә ρ һәм $p_0$ почмаклары бик кечкенә, шуңа күрә

$$R = \frac{\rho}{p_0} R_{\oplus}. \quad (23)$$

**7 нче мисал.** Әгәр Кояшның почмакча радиусы 16′ булса, Кояшның сызыкча радиусы Җир радиусыннан ничә тапкыр зуррак?

Бирелгән:

$\rho_{\odot} = 16'$

$p_{\odot} = 8{,}8''$

$R_{\odot}$ — ?

Чишү:

$$R_{\odot} = \frac{\rho_{\odot}}{p_{\odot}} R_{\oplus}.$$

$$R_{\odot} = \frac{16 \cdot 60''}{8{,}8} R_{\oplus} \approx 109 R_{\odot}.$$

Җавап: $R_{\odot} \approx 109\ R_{\odot}$.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1*. Венераның элонгация вакытында Кояштан ераклыгы билгеле булганда һәм Венера белән Җир орбиталарын әйләнә рәвешендә дип алып, Венерага кадәр ераклыкны Җир орбитасы радиусы берәмлекләрендә (Коперник хисаплаган кебек) хисаплап табыгыз. 2. Җир радиусын хисаплап табу өчен, нәрсәләрне белергә кирәк? 3. Кояш системасындагы берәр җисемгә кадәр ераклыкны хисаплап табу өчен, нәрсәләрне белергә кирәк? 4. Кояш системасындагы берәр җисемнең үлчәмнәрен хисаплап табу өчен, нәрсәләрне белергә кирәк? 5*. Әгәр лазер импульслары 2,4354567 с узгач әйләнеп кайтсалар, Айда урнаштырылган яктылык кайтаргыч һәм Җирдәге телескоп арасындагы ераклык күпме булган? 6. Марсның иң зур горизонталь параллаксы 23″. Җирдән алып Марска кадәр иң кечкенә ераклык күпме? 2003 елның 28 августында Марсның иң якын каршыда торышы вакытында аның Җирдән ераклыгы $55{,}8 \cdot 10^6$ км булган. Табылган ераклыкны шуның белән чагыштырыгыз.

### «Кояш системасының төзелеше» темасын өйрәнгәч, нәрсәләр белергә кирәк

1. Күп гасырлар буена геоцентрик дөнья системалары өстенлек итеп килгән һәм чиркәү шуларны яклаган.
2. XVI гасырда Николай Коперник гелиоцентрик дөнья системасын нигезли, бу система Кояш системасының төзелешен дөрес чагылдыра (үзәктә — Кояш; планеталар, шул исәптән Җир дә, Кояш тирәсендә хәрәкәт итәләр) һәм дөньяга фәнни карашның асылын тәшкил итә.
3. Планеталарның элмәксыман күренмә хәрәкәте безнең аларны Кояш тирәсендә әйләнеп йөрүче Җирдән торып күзәтүебез белән аңлатыла.
4. Меркурий һәм Венера — түбәнге планеталар, калганнары — югарыгы планеталар.
5. Түбәнге планеталарны — элонгация, ә югарыгы планеталарны капма-каршы торыш вакытларында күзәтү иң уңайлы.
6. Кеплер законнары (алар өчәү, һәм аларны яттан белергә кирәк) күк җисемнәренең орбиталары әйләнә рәвешендә дип санаган Коперник тәгълиматына төгәллек кертәләр.
7. Ньютон Кеплер законнарын бөтендөнья тартылу законыннан аналитик юл белән чыгарган.
8. Бөтендөнья тартылу законы һәм Кеплер законнары — күк механикасының нигез ташлары; ясалма күк җисемнәренең хәрәкәте дә шушы законнарга буйсына.
9. Нептун Уран хәрәкәтендәге тайпылышларны исәпкә алу нәтиҗәсендә ачылган.
10. Кояш системасындагы җисемнәргә кадәр ераклыкларны билгеләүдә төрле ысуллар бар (горизонталь параллакс буенча, радиолокация юлы белән һ. б.).

**11.** Астрономик берәмлек — Кояш системасында ераклыкларның төп берәмлеге (1 а.б. = 149,6 млн км).

**«Кояш системасының төзелеше» темасын өйрәнгәч, нәрсәләр эшли белергә кирәк**

**1.** «Мәктәп астрономия календаре» һәм күкнең йолдызлы картасы буенча теге яки бу вакытта кайсы планеталарның кайсы йолдызлыкларда күренгәнлеген ачыклый белү.

**2.** Планеталарны йолдызлардан аера һәм күктә таба белү.

**3*.** (12) һәм (13) формулалары буенча түбәнге һәм югарыгы планеталарның билгеле бер конфигурациясе ничек кабатлануын хисаплый белү.

**4.** Төрле планета орбиталарының зур ярымкүчәрләре билгеле булганда, (15) формуласы буенча планетаның йолдызча әйләнү периодын таба белү (һәм аның кире мәсьәләсен чишә белү).

**5*.** Иярченнәре булган планеталарның массаларын хисаплап таба белү.

**6.** (20) формуласы буенча Кояш системасындагы күк җисеменә кадәр ераклыкны хисаплап таба белү (билгеле горизонталь параллаксы буенча).

**7.** Почмакча үлчәмнәрен һәм горизонталь параллаксларын белгән хәлдә, Кояш системасындагы күк җисемнәренең сызыкча үлчәмнәрен хисаплап таба белү.

# III. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ ҖИСЕМНӘРНЕҢ ФИЗИК ТАБИГАТЕ

Бу теманы без Кояш тирәсендә хәрәкәт итә торган күк җисемнәренең табигатен өйрәнүдән башлыйбыз, ә Кояшны башка йолдызлар белән тыгыз бәйләнештә (IV бүлектә) өйрәнербез. Җир табигатен башка планеталар һәм Ай белән чагыштыру безгә бу күк җисемнәренең физик үзлекләрендәге (ә аннан соң барлыкка килүендәге һәм эволюциясендәге!) уртак якларны ачыкларга һәм шул ук вакытта төрле төркемнәргә (Җир тибындагы һәм гигант-планеталар) кергән планеталарның да, шулай ук бер үк төркемгә кергәннәренең дә һәрберсенең үзенчәлекләрен күзалларга мөмкинлек бирде.

Шуны күздә тотарга кирәк, Җирдән төрле оптик һәм радиоастрономик күзәтүләр нәтиҗәсендә планеталарның һәм Айның табигате турында кыйммәтле мәгълүматлар тупланган иде. Ләкин соңгы 20—30 ел эчендә генә, Җир тирәсендәге Галәм фәзасын уңышлы үзләштерү нәтиҗәсендә уникаль мәгълүматлар алуга ирешелде. Кояш системасындагы күк җисемнәрен тикшерүгә безнең ил галимнәре зур өлеш керттеләр. Россия — теоретик һәм гамәли космонавтиканың ватаны — *Ю. А. Гагаринның* тарихи очышыннан (1961 елның 12 апреле) башлап, илебезнең күпләгән башка космонавтларының исемнәре Галәмне үзләштерү тарихына кереп калулары белән хаклы рәвештә горурлана; космик чорны ачып җибәргән беренче иярченнән (1957 елның 4 октябре) соң җибәрелгән күп санлы ясалма иярченнәр (ИСЗ — искусственные спутники Земли); автомат планетаара станцияләрнең (АМС — автоматические межпланетные станции) Айга, Венерага, Марска очышлары; Россия космонавтлары һәм аларның чит ил хезмәттәшләре эшләгән озак вакытлы орбиталь фәнни станцияләр дә тарихка кереп калдылар. Галәмне үзләштерү юлындагы шушы һәм башка төп маяклар II кушымтада китерелде.

Космик тикшеренүләр белән Россиядә — Россия авиация агентлыгы, АКШта — космосны тикшерү буенча милли агентлык (НАСА), Европада Европа космик агентлыгы (ЕСА) идарә итә.

## § 12. «ҖИР — АЙ» СИСТЕМАСЫ

**1. Җирнең төп хәрәкәтләре.** Җир — Кояштан ераклыгы буенча өченче урындагы планета. Ул әйләнәдән аз аерыла торган эллипс рәвешендәге орбита буенча Кояш тирәсендә 30 км/с

чамасы тизлек белән хәрәкәт итә. *Җирнең* Кояш тирәсендә *әйләнеп йөрүенә* дәлилләрнең берсе — безгә якынрак булган йолдызларның күренмә (параллактик) тайпылуы. Мондый тайпылышларны XIX гасырның 30 нчы елларында гына күрә алдылар.

Җирнең төп хәрәкәтләреннән икенчесе — аның орбита яссылыгына 66°34′ почмак ясап авышкан *күчәр тирәсендә әйләнүе.*

Кояш тирәсендә хәрәкәт иткәндә, Җирнең *күчәре үзенә-үзе параллель* булып кала. Табигатьне өйрәнү һәм табигать белеме курсларыннан сез Җирдә *ел фасылларының алмашынуы* шушы өч сәбәп: Җирнең Кояш тирәли әйләнеп йөрүе, Җир күчәренең орбита яссылыгына авышлыгы һәм күчәр юнәлешенең Галәм фәзасында даимилеген саклавы нәтиҗәсендә килеп чыкканлыгын беләсез.

Болардан тыш, Җир Галәм киңлегендә бөтен Кояш системасы белән бергә хәрәкәт итә һәм күп кенә башка хәрәкәтләрдә катнаша.

**2. Җирнең формасы.** Җирне шар дип исәпләү — чынбарлыкны шактый якынча чагылдыру ул. Бу шарның уйланма радиусы § 11.4 тә бәян ителгән метод белән (21) формуласы буенча билгеләнә. Ләкин *геодезик үлчәүләр* меридианның 1° лы дугасы экватор янында 110,6 км га, ә полюслар янында 111,7 км га тигез икәнлеген күрсәттеләр. Шулай булгач, Җир шар түгел, аның экватордагы радиусы полюстагы радиусыннан зуррак дигән сүз.

Бу исә Җир, күчәр тирәли әйләнүе аркасында, полюслар янында кысылганлыктан һәм формасы белән әйләнү эллипсоидын хәтерләтүеннән килеп чыга. Эллипсоидның кысылышын түбәндәге формула буенча хисапларга мөмкин:

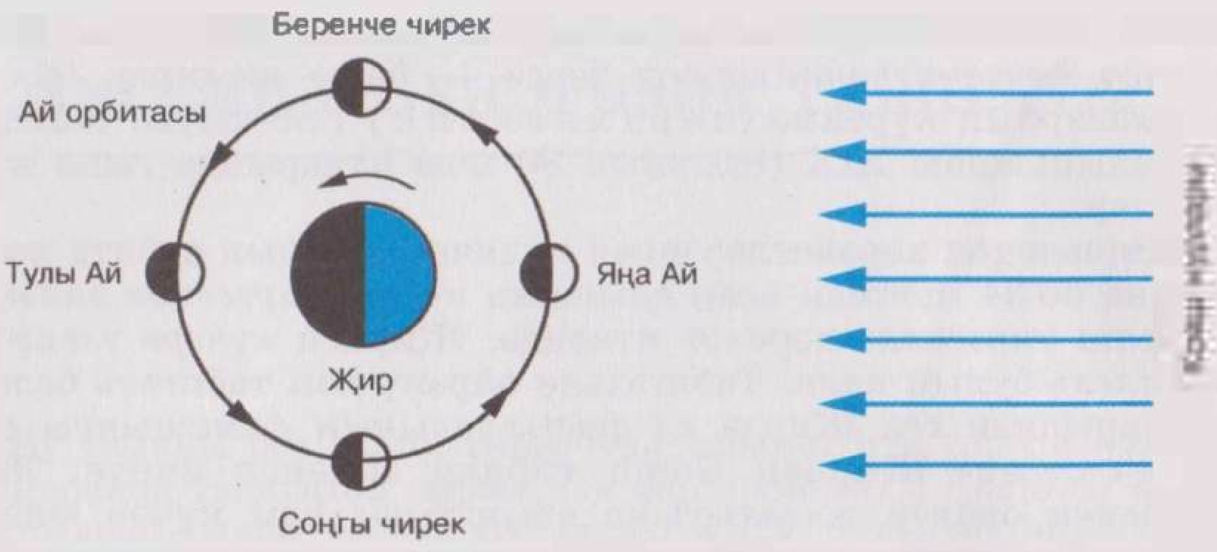
$$\varepsilon = \frac{a-b}{a}, \qquad (24)$$

биредә $\varepsilon$ — Җирнең кысылышы; $a$ — Җир эллипсоидының зур ярымкүчәре; $b$ — кече ярымкүчәре. Җирнең ясалма иярченнәре хәрәкәтен күзәтүгә нигезләнеп табылган мәгълүматлар Җирнең кысылышы җир өстендәге геодезик үлчәү нәтиҗәләренә төгәллек кертергә мөмкинлек бирделәр.

Җирнең экваториаль (6378,140 км) һәм поляр (6356,755 км) радиуслары арасында аерма зур булмаганлыктан (21,385 км), астрономиядәге күп кенә мәсьәләләрне чишкәндә, Җирне уртача радиусы 6371 км га тигез булган шар дип санарга мөмкин.

Җирнең уртача радиусын һәм аның массасын белгәндә (Җирнең массасын ничек табарга мөмкин икәнен сез физика курсыннан беләсез), безнең планетаның уртача тыгызлыгын хисаплап чыгару кыен түгел ($5{,}5 \cdot 10^3$ кг/м$^3$).

**3. Ай — Җирнең иярчене.** *Ай — Җиргә иң якын күк җисеме ул.* Айның радиусы Җир радиусыннан чама белән 4 тапкыр, ә массасы якынча 81 тапкырга кимрәк. Бу физик күрсәт-




**Рәс. 28. Айның фазалары.**

кечләре буенча планетабызның табигый иярченен Җирнең үзе белән чагыштырганда кечкенә дип булмый. Төгәлрәк итеп әйтсәк, Кояш тирәсендә орбита буенча «Җир — Ай» системасының гомуми массалар үзәге (ул Җирнең эчендә урнашкан) хәрәкәт итә. Шуңа күрә «Җир — Ай» системасын еш кына «куш планета» дип атыйлар.

Ай — үзлегеннән яктырмый торган җисем; ул Кояш нурларын чагылдыра гына. Җиргә һәм Кояшка карата нинди торышта булуына карап, без әле тулган Айны (тулы Ай), әле аның дискының яртысын (беренче яки соңгы чирекләр) күрәбез, әле Айны бөтенләй күрмибез (яңа Ай).

*Ай дискының Җирдән күзәтелә торган яктыртылган өлеше Айның фазасы дип атала.* Ай фазаларының алмашынуын 28 нче рәсем буенча күздән кичерергә мөмкин. Яңа Ай вакытында Ай Җир белән Кояш арасында урнаша; тулы Ай вакытында Ай Җир артында тора. Яңа Ай мизгеленнән соң Ай, нәзек урактан «үсә» башлап (кабарынкы ягы уңга караган), ярымдиск рәвешен (беренче чирек) һәм аннары тулы диск рәвешен (тулы Ай) ала. Тулы Айдан соң Ай ярымдискка кадәр «кими» (кабарынкы ягы сулга карый, соңгы чирек башлана), аннары нәзек кенә уракка әйләнә һәм яңа Ай мизгелендә күренмәс була. Ай фазалары алмашынуның тулы циклы (синодик ай) якынча 29,5 тәүлек ($29,5^к$) тәшкил итә.

Күк гөмбәзендә Айның почмакча диаметры $0,5°$ ($\approx 30'$) чамасы. Ләкин ул һәрвакыт даими килеш калмый, бәлки орбитаның эллипс булуы сәбәпле үзгәреп тора (перигейда якынча $33'$ тан апогейда $29'$ ка кадәр). Ай орбитасының эксцентриситеты $e = 0,05$, ә эллипсның зур ярымкүчәре — 384 400 км (Айның Җирдән уртача ераклыгы).

*Җир тирәсендә* тулы әйләнешне Ай 27,3 тәүлектә ясый ($27,3^к$ — сидерик яки йолдызча ай). Шул ук вакыт эчендә

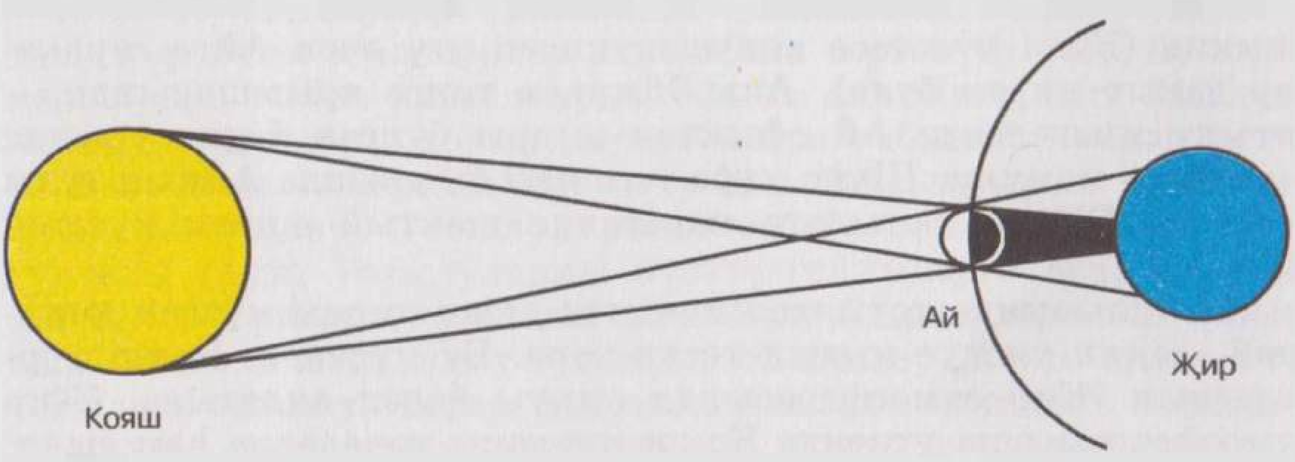
*Ай үз күчәре тирәсендә дә тулы әйләнеш ясый,* шуңа күрә *Җиргә Айның һәрвакыт бер үк ярымшары карап тора.*

Башка барлык күк җисемнәре кебек үк, Ай күк сферасының тәүлеклек әйләнешендә катнаша. Ләкин, Җирдән ераграк урнашкан планеталардан һәм Кояштан аермалы буларак, Ай йолдызлы күктә көнбатыштан көнчыгышка таба, ягъни күк сферасының тәүлеклек әйләнешенә капма-каршы юнәлештә шактый тиз (тәүлеккә 13° ка) күчеп бара. Сез үзегез дә күзәтә алган мондый бер күренеш шуның белән аңлатыла да. Һәр кич саен Айның югарыгы кульминация мизгелләрен сәгатькә карап билгеләп калсагыз, сез Айның күк меридианына якынча 50 мин ка соңга калып килүенә (ягъни бүген кичәгегә караганда 50 мин ка соңрак кульминацияләвенә) ышанырсыз.

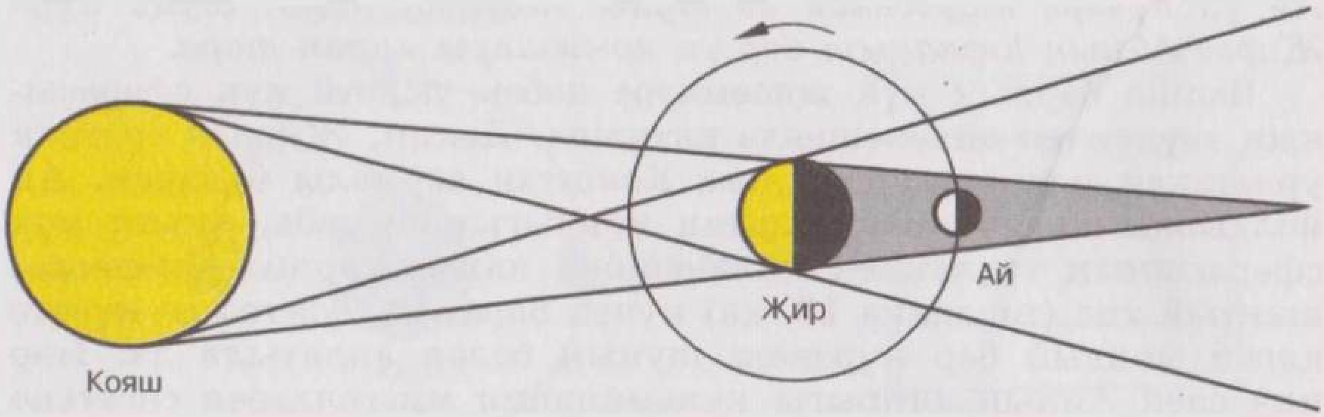
**4. Кояш һәм Ай тотылулар.** Җир тирәсендә хәрәкәт иткәндә Ай Кояшны тулысынча яки өлешчә каплаган вакытта К о я ш т о т ы л у л а р күзәтелә. Кояш тулысынча тотылганда (рәс. 29). Ай Кояш дискын т у л ы с ы н ч а каплый (бу хәл Ай һәм Кояшның күренмә диаметрлары бердәй дип әйтерлек булганлыктан мөмкин). Кояшның тулы тотылуын Җир өстеннән т у л ы ф а з а сызыгы (полосасы) үткән нокталарда гына күзәтеп була. Ай күләгәсенең тараеп килгән конусы Җир өслегенә төшергән «юл» шулай дип атала (29 нчы рәсемне карагыз).

Тулы фаза сызыгының һәр ике ягында Кояш ө л е ш ч ә тотыла, бу вакытта Ай Кояш дискын тулысынча каплап бетерми, бер өлешен генә каплый. Җир өслегендә *Айның ярымкүләгә* конусы таралып төшкән урыннарда *Кояшның өлешчә тотылуы* күзәтелә (29 нчы рәсемне карагыз).

Кояш тотылганда тулы фаза сызыгының киңлеге һәм аның дәвамлылыгы Кояш, Җир һәм Айның үзара ераклыгына бәйле була. Ераклык үзгәрү сәбәпле Айның күренмә почмакча диаметры да үзгәрә. Ул Кояш диаметрыннан чак кына зуррак




**Рәс. 29. Кояшның тулы тотылуы схемасы.**




**Рәс. 30. Айның тулы тотылуы схемасы.**

булса, Кояшның тулысынча тотылуы 7,5 мин ка кадәр сузылырга мөмкин, ә диаметрлар тигез булганда исә Кояшның тулысынча тотылуы күз ачып йомган арада гына булып ала. Ай диаметры Кояш диаметрыннан кечерәк булганда, Ай Кояшны каплап та бетерми. Бу очракта **боҗрасыман** тотылу күзәтелә: караңгы Ай дискы тирәсендә нәзек кенә якты Кояш боҗрасы күренә.

Кояшның тулы тотылуы — гүзәл бер күренеш. Тотылган мизгелдә Кояш нәфис балкыш (таҗ) белән уратып алынган кара түгәрәк рәвешендә була. Көн яктысы шулкадәр тоныклана, хәтта кайчагында күктә якты йолдызларны һәм планеталарны да күреп була.

Россия территориясендә аның кайбер көньяк районнарында күзәтеләчәк Кояшның тотылуы 2006 елның 29 мартына туры киләчәк.

Җир тирәли хәрәкәт итүче Ай Кояш тарафыннан яктыртылган Җир күләгәсе конусына килеп кергәндә **Айның тулы тотылуы** күзәтелә (рәс. 30). Әгәр дә Җир күләгәсенә Айның бер өлеше генә күмелсә, Айның **өлешчә тотылуы** була.

Айның тулы тотылуы 1,5—2 сәг чамасы дәвам итәргә мөмкин (Җир күләгәсе конусын кисеп үтү өчен Айга шулкадәр вакыт кирәк була). Аны Җирнең төнге ярымшарында — тотылу мизгелендә Ай офыктан югары булган бөтен урында күзәтергә мөмкин. Шуңа күрә теге яки бу урында Айның тулы тотылуын Кояш тотылуга караганда шактый ешрак күзәтеп була.

Ай тулысынча тотылган вакытта аның дискы күздән югалмый, ләкин ул куе кызыл төскә керә. Бу күренеш Кояш нурларының Җир атмосферасында сынуы белән аңлатыла. Җир атмосферасы аша үткәндә Кояш нурлары чәчеләләр һәм сыналар. Шуның белән бергә, нигездә, кыска дулкынлы (спектрның зәңгәр һәм күк төстәге өлешләренә туры килгән һәм безнең көндезге күк йөзенең күк төстә булуын китереп чыгара

торган) нурланыш чәчелә, ә озын дулкынлы (спектрның кызыл өлешенә туры килгән) нурланыш сына. Җир атмосферасында сынып, Кояшның озын дулкынлы өлеше Җир күләгәсе конусына эләгә һәм Айны яктырта.

*Кояш тотылуның яңа Ай вакытында, ә Ай тотылуның тулы Ай вакытында күзәтелүенә* төшенү кыен түгел. Әмма һәр яңа Ай һәм һәр тулы Ай вакытында тотылу күзәтелми, Хикмәт шунда, Җир тирәсендә Ай хәрәкәт иткән яссылык эклиптика яссылыгына 5° чамасы почмак ясап авышкан. Гадәттә, елына ике тапкыр Кояш тотылу һәм ике тапкыр Ай тотылу күзәтелә. 1982 елда җиде тотылу булды — дүрт тапкыр Кояш өлешчә тотылды һәм өч тапкыр Айның тулы тотылуы күзәтелде (бер елга мөмкин булган иң күп тотылулар саны).

Борынгы астрономнар ук инде Кояш һәм Ай тотылуларның билгеле бер тәртиптә кабатлануын күреп алганнар. Бу вакыт арасын с а р о с дип атаганнар (мисырлылар теленнән тәрҗемә иткәндә — к а б а т л а н у дигән сүз). Сарос Ай хәрәкәтендә күзәтелә торган үзенчәлекләрдән килеп чыга. Ул 6585,32 тәүлек (≈ 18 ел 11 көн) тәшкил итә. Һәрбер сарос дәвамында 70 тотылу булып, шуларның 42 се Кояш тотылуга, 28 е Ай тотылуга туры килә. Ләкин Җирнең билгеле бер урынында Ай тотылулар, Кояш тотылуга караганда, ешрак күзәтелә, чөнки Ай тотылулар Җирнең бөтен төнге ярымшарыннан күренә. Җир өслегенең билгеле бер ноктасында Кояшның тулы тотылулары 200—300 елга бер тапкырдан да ешрак күренми.

Саросның дәвамлылыгын белгән хәлдә, тотылулар вакытын якынча алдан әйтергә мөмкин. Хәзерге вакытта Кояш һәм Ай тотылуларны алдан әйтү өчен бик төгәл методлар эшләнде. Астрономнар тарихчыларга елъязмалардагы тарихи вакыйгаларның тотылу мизгелләренә туры килгән датасын төгәл билгеләргә ярдәм иткән очраклар да аз түгел. Мәскәүдә Кояшның чираттагы тулы тотылуы 2126 елның 16 октябрендә күзәтеләчәк. Россиянең Европа өлешендә Айның тулы тотылуы 2004 елның 28 октябрендә күзәтелде.

Электә тотылулар вакытында Ай һәм Кояшның гадәттән тыш күренеше кешеләрнең котын ала торган булган. Бу күренешләрнең ничек кабатлануын белгән каһиннәр (дин башлыклары, руханилар), тотылуларны гайре табигый көчләр белән бәйләп, моны халыкны куркыту һәм буйсындырып тоту өчен файдаланганнар. Тотылуларның сәбәбе сер булудан күптән туктады инде. Тотылуларны күзәтү галимнәргә Җир һәм Кояш атмосфералары турында, шулай ук Айның хәрәкәте турында әһәмиятле мәгълүмат тупларга юл ачалар. Кояш тулысынча тотылган вакытта берәр йолдыздан килгән яктылык нурының Кояшның тарту кырында авышуын күзәтү өчен уңайлы шартлар туа. Бу исә Эйнштейнның бөтендөнья тартылу теориясен (чагыштырмалык теориясен) исбат итү өчен, мөһим дәлилләрнең берсен алырга мөмкинлек бирә.

**Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр**

1. Сез Җирнең нинди хәрәкәтләрен беләсез? 2. Кояш тирәсендә Җир белән бергә хәрәкәт иткән кеше берәр йолдызны ел буена күзәтеп барган, ди. Бу вакытта ул аның күк йөзендә аз гына күчешләрен дә күрә ала. Шуны сызымда сурәтләргә тырышып карагыз һәм йолдызларның параллактик тайпылуы Җирнең Кояш тирәли әйләнеп йөрүен ничек исбат иткәнлеген әйтегез. 3*. Геодезистлар Ф. Н. Красовский һәм А. А. Изотов тапкан мәгълүматлар буенча. Җир эллипсоидының кече ярымкүчәре 6356,863 км га, ә зур ярымкүчәре 6378,245 км га тигез икәнлеген белгән хәлдә, Җирнең кысылышын хисаплап чыгарыгыз. 4. Ай орбитасының эксцентриситетын һәм зур ярымкүчәрен белгән хәлдә, Айга кадәр иң зур һәм иң кечкенә ераклыкларны хисаплап табыгыз. 5. «Җир — Ай» системасының гомуми массалар үзәге Җирнең эчендә урнашкан булуын исбат итегез. 6. Әгәр Ай Җиргә бер ягы белән карап тора икән, димәк, Ай үз күчәре тирәсендә әйләнми дигән фикернең ялгышлыгын исбат итегез.

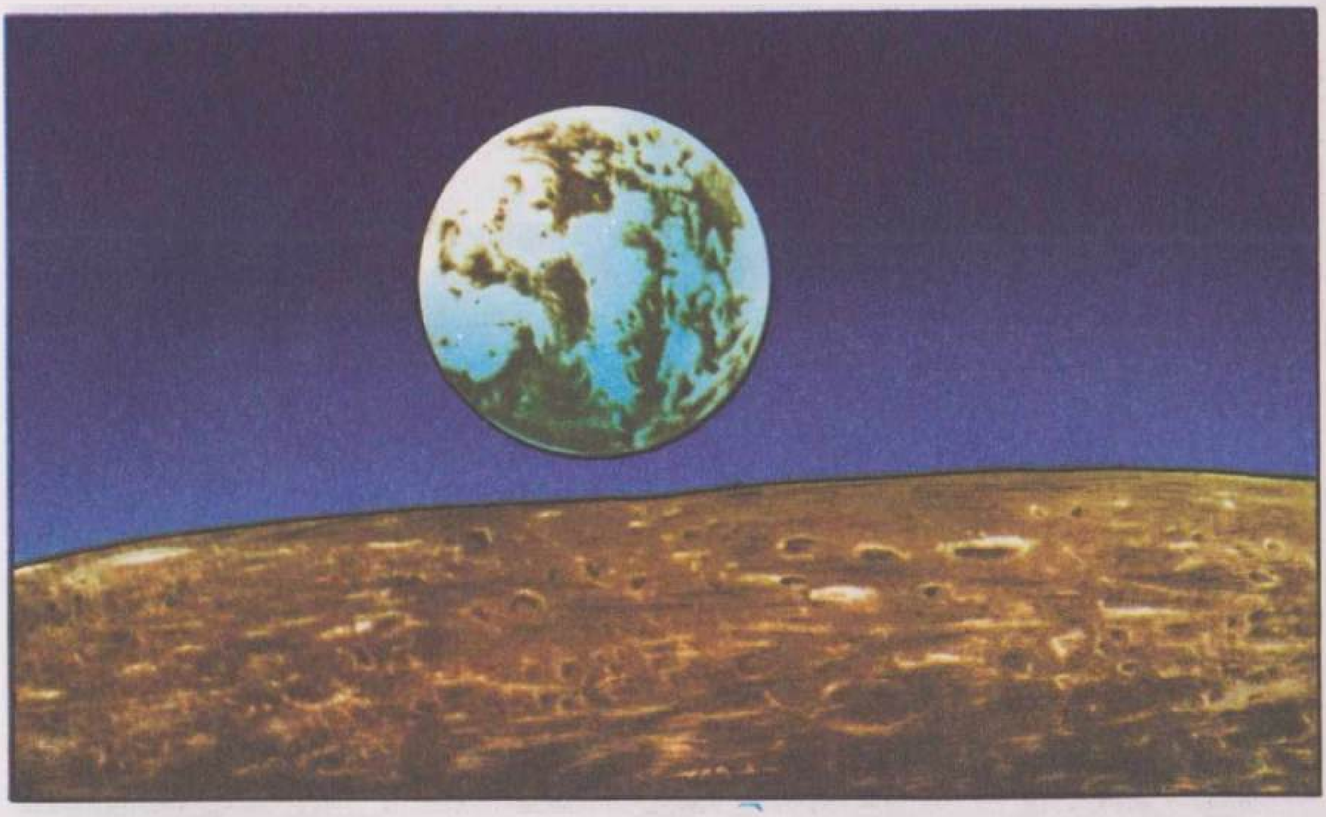
## § 13. АЙНЫҢ ТАБИГАТЕ

**1. Айдагы физик шартлар.** Айны атмосферадан мәхрүм дип санарга мөмкин. Әгәр элегрәк Айның атмосферасы булган дип фараз итсәк, аның хәзер ни өчен булмавын аңлау кыен түгел. Хикмәт шунда: массалары ягыннан чагыштырмача кечкенә (Ай кебек) күк җисемнәре атмосфераны озак вакытлар буена үз тирәләрендә тота алмыйлар. 2,38 км/с тизлектә үк инде (Айдагы икенче космик тизлек) газ молекулалары Айны ташлап китә алалар.

Айда су да юк. Су, парга әйләнеп, Ай тирәсендә газ сүрүе хасил иткән булыр һәм ул бик тиз таралып та бетәр иде. Ләкин 90 нчы еллар азагында «Клементина» исемле автомат планетаара станция очышлары нәтиҗәсендә кайбер кратерларның өске катлавы астында шактый микъдарда су булырга тиеш дигән фараз әйтелде.

Ай күгендә дә Җир күгендә күренгән йолдызлыклар күзәтелә. Атмосфера булмаганлыктан, якты йолдызлар һәм планеталар Айда көндез дә күренәләр. Шуңа күрә космонавтлар Айда көндез дә, төнлә дә йолдызларга карап ориентлаша алалар. Айда йолдызларга карап ориентлашу аерым әһәмияткә ия, чөнки анда магнитлы компас файдасыз. (Айның Җирнеке кебек магнит кыры юк.)

Айдан Меркурий белән Венераны Кояш янында ук күзәтергә мөмкин. Ай күгенең гаҗәеп бер бизәге — безнең Җиребез (рәс. 31). Җир дискы Кояш дискыннан 3,5 тапкыр зуррак.



**Рәс. 31. Ай күгендә Җир (Җирнең Ай офыгында батканчы алынган фоторәсеме).**

Айда Җир исәбе белән ике атна чамасы сузыла торган көн дәвамында Ай өслеге бик нык кыза, ә төнге вакытта (Ай төне дә Җир исәбе белән ике атнага диярлек сузыла) суына. Айда атмосфера булмавы Ай тәүлеге дәвамында температураның кискен үзгәрешенә китерә. Нәкъ Кояш астындагы өлкәдә, ягъни көндезен Кояш зенитта булган урында, температура 400 К (+130° С) тан да артып китә. Айның капма-каршы ягында, Ай өслегенең Кояшка капма-каршы ноктасы янында Ай өслеге 100 К (−170° С) ка кадәр диярлек суына. Димәк, бер Ай тәүлеге (29,5 Җир тәүлеге) дәвамында Ай өслегенең температурасы 300 К ка үзгәрә икән. Айда температураның кискен тирбәлешләре аның өслегенә генә кагыла. Берничә сантиметр тирәнлектә үк инде температура Ай тәүлеге дәвамында практик яктан үзгәрми. Бу исә Ай грунтының җылылыкны начар үткәрүеннән килә, көндезләрен ул җылынып җитәргә, ә төннәрен суынырга өлгерми.

Сез хәзерге вакытта Айның Җиргә бер генә ягы белән карап торуын беләсез. Ләкин һәрвакыт алай булмаган. Миллиард еллар элек Ай Җиргә хәзергедән якынрак булган, ә Җирнең үз күчәре тирәли һәм Айның Җир тирәли әйләнү периодлары берничә сәгать кенә тәшкил иткән. «Җир — Ай» системасы эволюциясенең бүгенге баскычында Айның үз күчәре тирәсендә әйләнү периоды аның Җир тирәли әйләнеп йөрү периодына

**Рәс. 32. Айның Җирдән күренә торган ягы (телескоптан күренеше).**

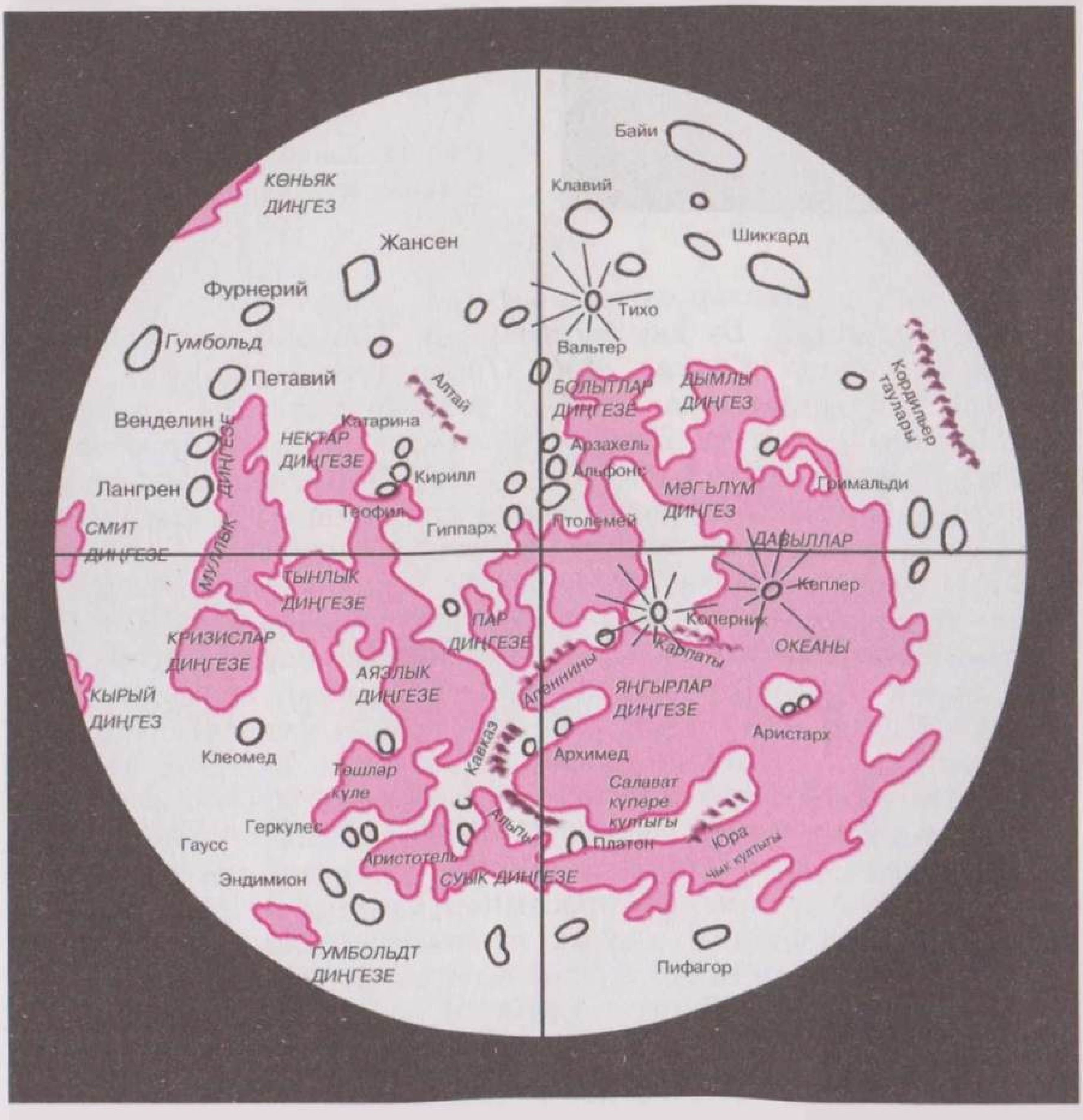
тигезләшкән. Бу хәл ике мөһим нәтиҗәгә китергән. Беренчедән, Айда кояшча тәүлек дәвамлылыгы синодик айга тигезләшкән (Айда көн белән төн Җир исәбендә икешәр атна диярлек дәвам итә). Икенчедән, Ай Җиргә гел бер генә ярымшары белән карап тора (без Җирдән Айның һәрвакыт бер генә ягын күрәбез).

**2. Ай өслеге.** Хәтта коралланмаган күз белән карап та Айда зур-зур караңгы тапларны (д и ң г е з л ә р н е) һәм ачыграк төстәге урыннарны (к о н т и н е н т л а р н ы) күрергә мөмкин. Мәктәп телескобыннан аларны җентекләбрәк күзәтергә була (рәс. 32). Ай диңгезләрендә бер тамчы да су булмавына карамастан, фәндә әле XVII гасырда ук тәкъдим ителгән атамалар системасы сакланып калды. Диңгезләрдән аермалы буларак (алар Ай өслегендә карарак төстәге матдә белән капланган ча-

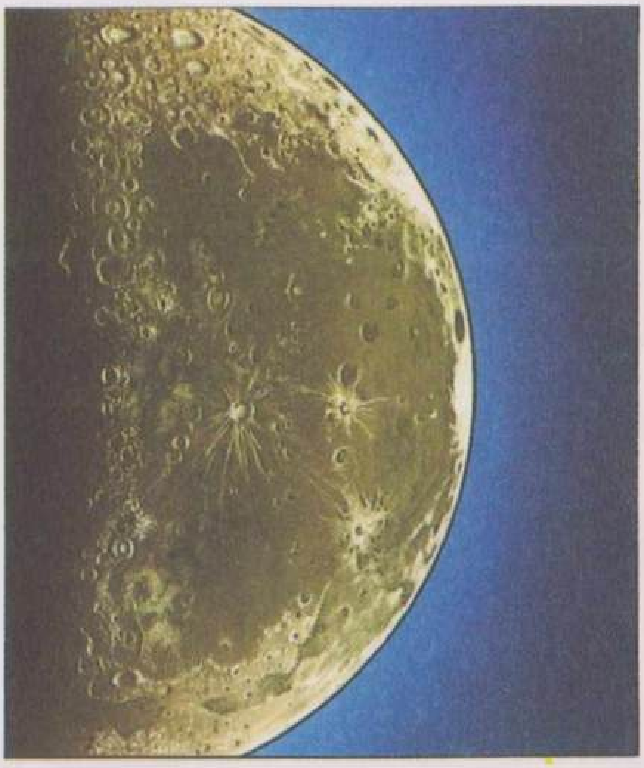
гыштырмача тигез урыннар), континентлар таулы өлкәләрдән гыйбарәт.

Айның Җиргә карап торган ягында континентлар 70% чамасы, ә диңгезләр 30% чамасы мәйданны биләп торалар (рәс. 33).

Ай рельефының характерлы үзенчәлеге — бөҗрасыман калкулыклар (к р а т е р л а р). Айның безгә күренә торган ягында гына да 1 км дан зуррак диаметрлы 300 000 ләп кратер бар. Алар арасында диаметрлары 200 км дан артып киткәннәре дә очрый. Айдагы эре кратерларның күбесенең төбе тигез, ә үзәктә т а у калкып тора.




**Рәс. 33. Айның Җирдән күренә торган ярымшарындагы эрерәк детальләренең карта-схемасы (телескоптан күренеше). Шулай ук VII кушымтадагы 116 нчы рәсемне дә карагыз.**



Рәс. 34. Ай соңгы чиректә (телескоптан күренеше).

Күп кенә диңгезләр озын-озын **тау сыртлары** белән әйләндереп алынган. Бу тау сыртларына Җирдәге тау тезмәләре исемен биргәннәр (*Кавказ, Альп, Пиреней* таулары һ. б.).

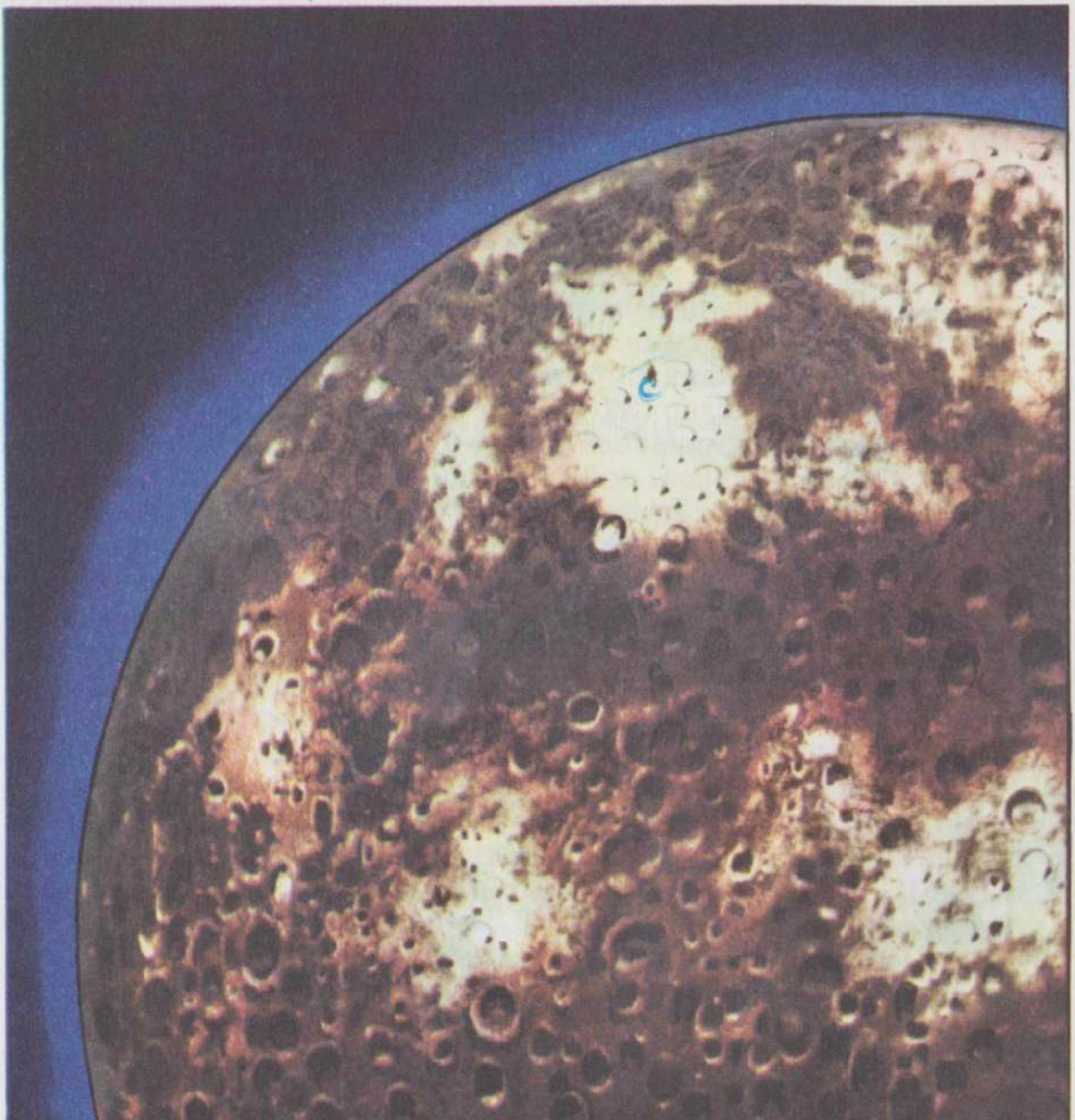
Тулы Ай вакытында кичерәк телескоптан (яки призмалы бинокльдән) карап та *Давыллар океаны, Яңгырлар диңгезе, Аязлык диңгезе,* шулай ук озын нурлар булып таралып киткән кратерлар (*Тихо, Коперник, Кеплер* кратерлары) яхшы күренә. Ай башка фазаларда булган чакта Ай өслегенең якты һәм караңгы өлешләре чиге тирәсендә (бу чик **терминатор** дип атала) кратерлар аеруча калку булып күренәләр (рәс. 34).

Айның күренә торган ягын телескоптан карап өйрәнү эше инде берничә гасыр буена дәвам итә. Моннан аермалы буларак, Айның *«арткы»* ягын өйрәнү «Луна-3» автомат станциясе 1959 елның 7 октябрендә фән тарихында беренче тапкыр Айның теге ягын фоторәсемгә төшергәннән соң гына башланып китте. 6 ел чамасы үткәч (1965 елның июле), икенче бер автомат планетаара станция («Зонд-3»), гелиоцентрик орбитага чыгарылып, яңа фоторәсемнәр тапшырды. Бу вакытта Айның безгә күренми торган ягының «Луна-3» тәге фототелевизион җайланмалар күзенә эләкмәгән барлык өлешләрен дә диярлек фотога төшерә алдылар. Алынган фотосурәтләр Айның икенче ягының тулы карталарын һәм атласларын, Айның бөтен өслеген колачлаган Ай глобусын төзергә мөмкинлек бирделәр.

Айның Җирдән күренми торган ярымшарында континентлар өстенлек итә (рәс. 35). *«Мәскәү диңгезе»* дип аталган зур диңгезнең уртача диаметры 460 км га җитә. Диңгезгә охшашлы түгәрәк яки овалсыман өлкәләр дә табылды, алары Ай

диңгезләре һәм иң зур кратерлар арасында торалар. Айның арткы ягында кратерлар да күп (иң эреләренә күренекле фән эшлеклеләренең — *Ломоносов, Джордано Бруно, Циолковский, Жолио-Кюри* һ. б. ның исемнәре бирелгән). Еш кына кратерлар йөзләрчә километрга сузылган тезмәләр хасил итәләр.

Айдагы эреле-ваклы кратерларның күпчелеге метеоритлар төшү нәтиҗәсендә барлыкка килгән, алар Ай өслегенә килеп



**Рәс. 35. Айның арткы ягы өслегенең бер өлеше. Шулай ук VII кушымтадагы 117 нче рәсемне карагыз.**

җиткәндә, зур кинетик энергиягә ия булалар һәм бәрелгән чакта шартлау килеп чыга. Метеорит таркала, вакланып бетә; Ай грунты шартлау урыныннан төрле якларга чәчри. Беренчел кратерлар шулай барлыкка килә. Ай өслегенең билгеле бер өлкәсендә алар күбрәк булган саен, бу өлкәнең яше зуррак. Беренчел кратерлар барлыкка килгәндә атылып киткән зур ташлар, Ай өстенә төшеп, икенчел кратерлар хасил итә алганнар. Ихтимал, тулы Ай вакытында кайбер зур һәм яшь кратерлар янында ачык күренгән нурлар системасы әнә шундый икенчел кратерлардан гыйбарәттер. Бәлки, зур кратерларның барлыкка килүе Айның ерак яшьлегенә хас булган көчле вулкан атулар белән бәйледер.

**3. Ай токымнары.** Айга автомат станцияләр салмак төшеп утыра башлагач, аннары Айга Америка *астронавтларының* очышларыннан соң, Ай грунтының механик үзлекләре һәм аның химик составы билгеле булды. Айда күп кенә автомат станция конструкторлары элек бик шикләнгән калын тузан катлавы табылмады, ләкин анда тузан бар. Ул куе соры төстә һәм тышкы яктан цементны хәтерләтә.

Ай токымнары тышкы яктан Җирдәге вулканик базальтларга охшаган. Аларның составына Җирдә яхшы билгеле булган химик элементлар (Si, Al, Fe, Ca, Mg h. б.) керә. Ләкин Ай токымнарында, Җирнекенә караганда, авыр эрүчән элементлар (Ti, Zr, Cr h. б.) күбрәк, җиңел эрүчәннәре исә (Pb, K, Na) азрак. Ай өслегендә төрле урыннарның химик составы төрлечә.

Айның өске катламында (р е г о л и т т а) магматик токым кыйпылчыклары, кырыйлары эреп йомрыланган шлаксыман кисәкчекләр бар. Күп кенә үрнәкләр ком белән эшкәртелгән кебек булган. Күренешләренә караганда, алар озак вакытлар буена үзенә бертөрле эрозиягә (вак метеоритлар төшеп бәрелүгә һәм Кояштан өзлексез тарала торган кисәкчекләр ташкыны тәэсиренә) дучар булганнар.

Су булмаганлыктан, Айда минераллар Җирдәгегә караганда шактый азрак. Айда микроорганизмнар табылмады.

Ай токымнары бик борынгылар — аларның яше 4 млрд ел чамасы, шуның белән бергә, диңгез өлкәләреннән алып кайткан үрнәкләр иң «яшьләре» (3 млрд елдан бераз «өлкәнрәк») булып чыкты.

Айда актив вулкан эшчәнлеге күптән тәмамланган инде. Вакытлар узу белән, Ай өслеген метеоритлар тарафыннан бомбага тоту да кими барган. Шуңа күрә соңгы 2—3 млрд ел эчендә Айның күренеше практик яктан үзгәрмәгән. Җирдә исә, сезгә география курсыннан билгеле булганча, борынгы рельеф су һәм һава тәэсиреннән сакланып кала алмаган. Айның һәм хәзерге Җирнең рельефын чагыштыру Җирдә файдалы казылма байлыкларның барлыкка килү һәм туплану шартларын күзалларга ярдәм итә. Моны белү файдалы казылмалар эзләүдә фәнни ысуллар эшләү өчен кирәк.

Әле хәзер дә Ай тетрәүләр булгалап тора (алар җиңелчә җир тетрәүне хәтерләтәләр). Аларны Айда астронавтлар куеп калдырган сейсмографлар терки алдылар. Сейсмографлар биргән мәгълүматлар Айның эчке төзелешен тикшерергә, аның кабыгы (60 км чамасы калынлыкта), мантиясе (1000 км га кадәр) һәм төше (аның радиусы 750 км тирәсе) булуын ачыкларга мөмкинлек тудырдылар.

**Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр**

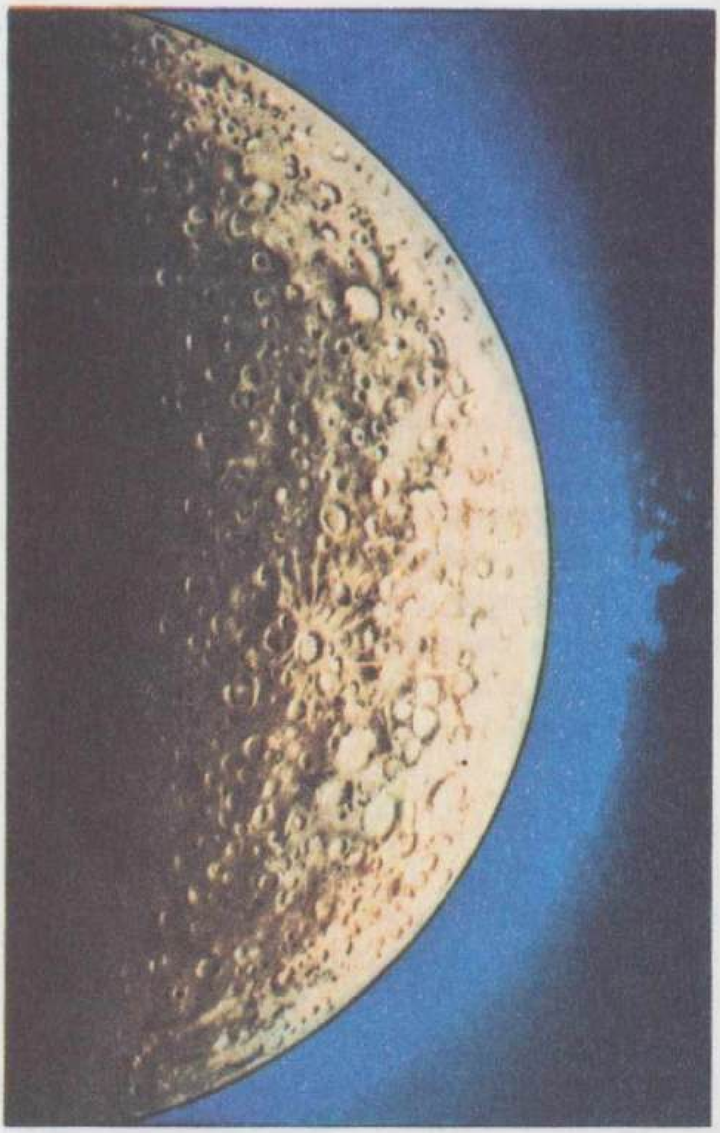
1. Айдагы физик шартлар без Җирдә күнеккән шартлардан кай яклары белән аерыла? 2. Айның әйләнү күчәре аның орбитасына перпендикуляр диярлек. Ай күгендә Җиде Җидегән $\alpha$ сы Котып йолдызы булып хезмәт итәрме? 3*. Ай рельефының төп детальләрен атап күрсәтегез. 4. Бинокльдән (мәктәп телескобыннан) һәм Ай картасыннан файдаланып, Ай өслегендәге зур диңгезләрне һәм кратерларны табыгыз. (Айны төрле фазаларында күзәтергә тырышыгыз!)

## § 14. ҖИР ТӨРКЕМЕНДӘГЕ ПЛАНЕТАЛАР

Үзенең физик характеристикалары буенча планеталар ике төркемгә — *Җир төркемендәге планеталарга* һәм *гигант планеталарга* бүленәләр. Без бу ике төркемдәге планеталарның төп үзенчәлекләрен күздән кичерербез, шуның нигезендә сез һәр планетаны тасвирлап бирә алырсыз.

**1. Җир төркемендәге планеталарның гомуми характеристикасы.** Җир төркеменә керә торган планеталар — Меркурий (рәс. 36), *Венера* (рәс. 37), *Җир* (рәс. 38), *Марс* (рәс. 39) — *үлчәмнәре* һәм *массалары* белән *зур түгел* IX һәм XI кушымталарны карагыз), бу планеталарның *уртача тыгызлыгы* су тыгызлыгыннан берничә тапкыр зуррак; үз күчәрләре тирәсендә *салмак әйләнәләр*; аларның *иярченнәре күп түгел* (Меркурий белән Венераның иярчене юк, Марсның — нәни генә ике иярчене, Җирнең бер иярчене бар).

Җир төркемендәге планеталарның охшашлыгы алар арасында шактый аермалар да булуына каршы килми. Мәсәлән, Венера, башка планеталардан үзгә буларак, үзенең күчәрендә Кояш тирәли хәрәкәтенә *кире* юнәлештә әйләнә, өстәвенә ул Җиргә караганда 243 тапкыр әкренрәк әйләнә әле (Венерада ел озынлыгын һәм тәүлек озынлыгын чагыштырыгыз). Меркурийның Кояш тирәсендә әйләнү периоды (ягъни бу планетаның ел озынлыгы) аның үз күчәре тирәсендә әйләнү периодыннан 1/3 өлешкә генә зуррак (йолдызларга карата). Җир белән Марс *күчәрләренең* орбита яссылыгына *авышу почмагы* бер

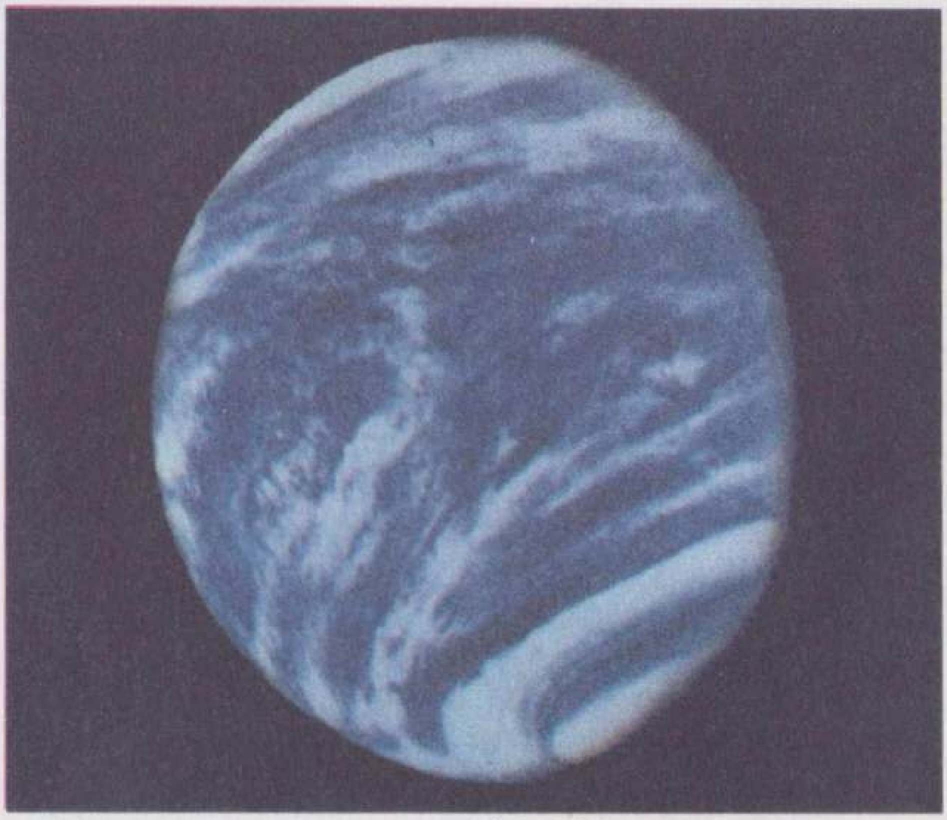


◁

Рәс. 36. Меркурий (якын арадан төшереп алынган фоторәсем).

Рәс. 37. Венера (планетаара автомат станциядән тапшырылган сурәтләрнең берсе).

▽



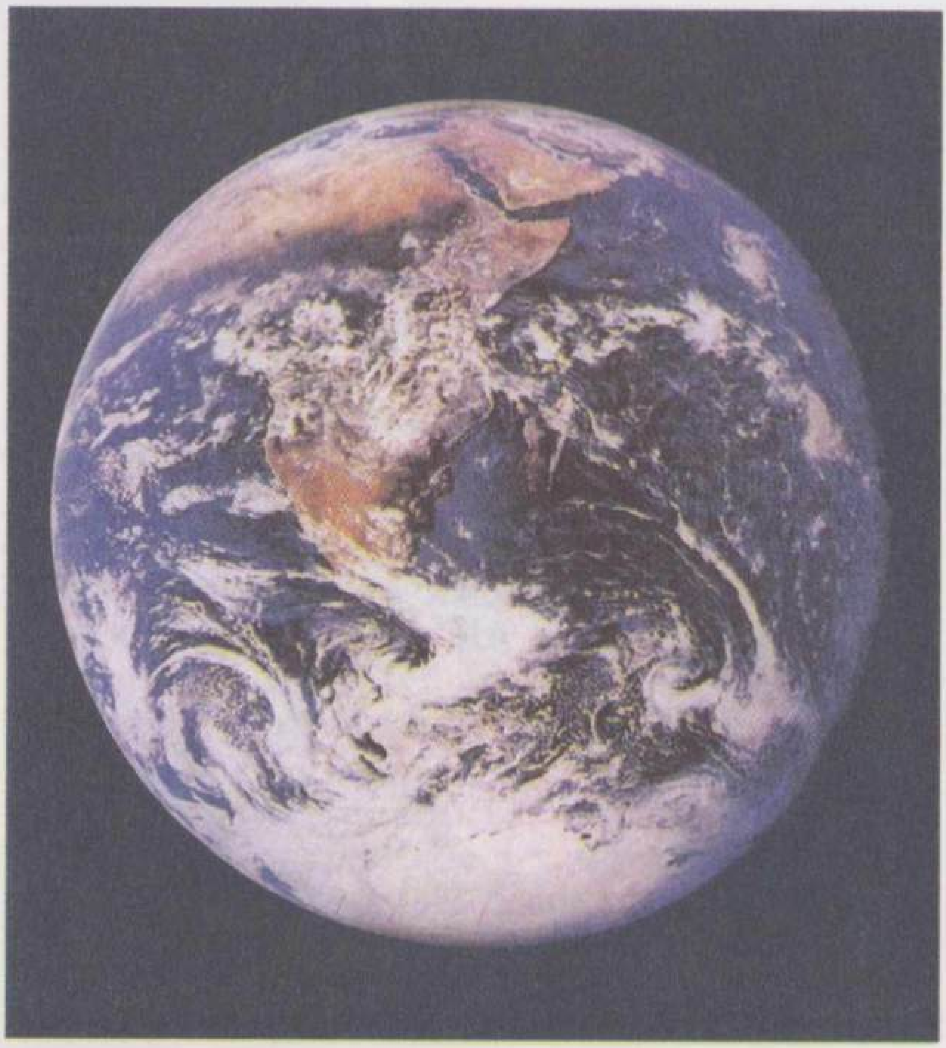
чама, ләкин Меркурий белән Венераның — бөтенләй башкача. Ел фасылларының ничек алмашынуын билгели торган сәбәпләрнең берсе шушы икәнлеген сез инде беләсез. Димәк, Марста да, Җирдәге шикелле, ел фасыллары була (дөрес, һәр ел фасылы Җирдәгедән ике тапкыр озаграк дәвам итә).

Ерак *Плутонның* — 9 планета арасында иң кечкенәсенең — кайбер физик характеристикалары буенча Җир төркеме планеталары исәбенә керү мөмкинлеген дә инкарь итеп булмый. Плутонның уртача диаметры 2260 км. Плутон иярчене Харонның диаметры моннан ике тапкыр гына кимрәк. Шуңа күрә Плутон — Харон системасын да, Җир — Ай системасы кебек үк, «куш планета» дип атарга бик мөмкин.

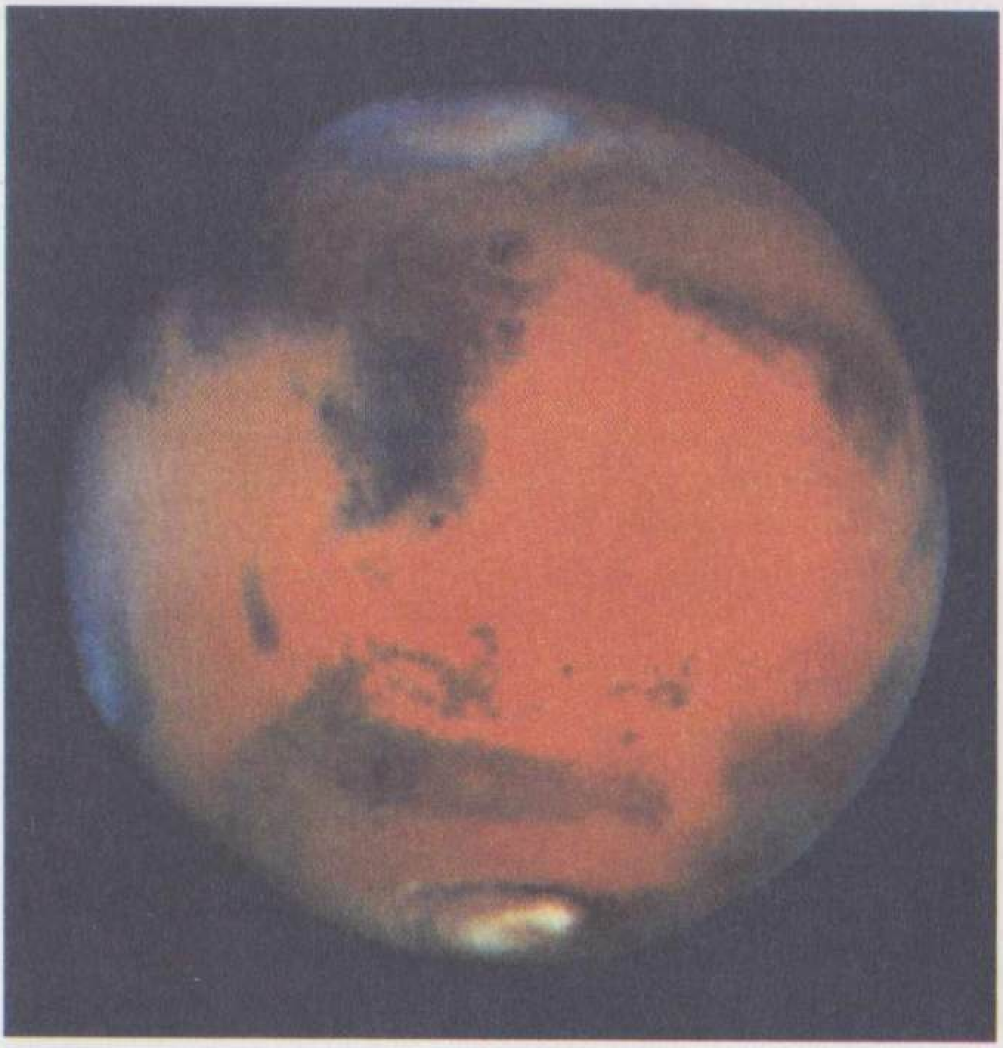
**2. Планеталарның атмосферасы.** Җир төркемендәге планеталарның атмосферасын өйрәнгәндә дә үзара охшашлык һәм аермалар күзәтелә. Ай кебек үк, атмосферадан бөтенләй мәхрүм Меркурийдан үзгә буларак, Венера һәм Марс атмосферага ия. Венера һәм Марсның атмосфералары турындагы хәзерге мәгълүматлар Россиядә («Венера», «Марс») һәм Америка Кушма Штатларында («Пионер-Венера», «Маринер», «Викинг») җибәрелгән автомат планетаара станцияләр очышы нәтиҗәсендә алынды. Венера һәм Марсның атмосферасын Җирнеке белән чагыштырып (X кушымтаны карагыз), без, Җирнең азот белән кислородтан торган атмосферасыннан аермалы буларак, Венера һәм Марс атмосфераларының, нигездә, углекислый газдан торганлыгын күрәбез. Венера өслегендә атмосфера басымы Җир өслегендәгегә караганда 90 тапкыр зуррак, ә Марста 150 тапкыр диярлек азрак.

Венера өслегендә температура бик югары (500°C чамасы) һәм ул даими кала диярлек. Бу нәрсәгә бәйле? Беренче карашка, бу күренеш Венераның Җир белән чагыштырганда Коянка якынрак булуыннан киләдер кебек. Ләкин, күзәтүләр күрсәткәнчә, Венераның яктылык кайтару сәләте Җирнекенә караганда зуррак, һәм шуңа күрә Кояш һәр ике планетаны бертигез җылыта. Венера өслегенең югары температурасы **парник эффекты** белән аңлатыла. Ул исә түбәндәгедән гыйбарәт: Венераның атмосферасы Кояш нурларын үткәрә һәм алар аның өслеген җылыта. Җылынган өслек инфракызыл нурланыш чыганагына әйләнә, ә ул нурланыш планетаны ташлап китә алмый, чөнки аны Венера атмосферасындагы углекислый газ һәм су пары, шулай ук планетаның болытлы сүрүе тоткарлый. Шуның нәтиҗәсендә, инфракызыл нурларны иркен үткәрә торган атмосфералы планета белән чагыштырганда, энергия килү һәм аның Галәм фәзасына таралуы арасында тигезлек югарырак температурада урнаша.

Без вак су тамчыларыннан яки боз бөртекләреннән торган Җир болытларына күнеккәнбез. Венера болытларының химик составы бөтенләй башка: аларда сульфат кислотасы һәм, ихтимал, хлорид кислотасы тамчылары бар. Болыт катлавы



Рәс. 38. Җир.



Рәс. 39. Марс (Җирдән Хаббл исемендәге космик телескоп (рәс. 110) ярдәмендә төшерелгән фоторәсемнәрнең берсе).

Кояш яктысын бик нык киметә, ләкин, «Венера-11» һәм «Венера-12» автомат станцияләрендә үлчәү нәтиҗәләре күрсәткәнчә, Венерада көн яктысы болытлы көнне Җир өслегендәге кебек икән. 1982 елда «Венера-13» һәм «Венера-14» тарафыннан үткәрелгән тикшеренүләр Венера күгенең һәм андагы ландшафтның әфлисун төсендә булуын күрсәттеләр. Бу исә әлеге планета атмосферасында яктылык чәчелүнең үзенчәлекләре белән аңлатыла.

Җир төркемендәге планеталарның атмосферасында газ туктаусыз хәрәкәттә. Еш кына, берничә айларга сузыла торган тузан-ком бураннары вакытында, Марс атмосферасында гаять күп күләмдә тузан күтәрелә. Венера атмосферасында болытлы катлау урнашкан биеклектә (планета өслегеннән 50 км дан алып 70 км га кадәр) ураган вакытындагы кебек көчле җилләр исүе билгеле, ләкин планета өслеге янында җилнең тизлеге секундына нибары берничә метрга гына җитә.

Шулай итеп, беркадәр охшашлыкларына да карамастан, Җиргә якын планеталарның атмосферасы, тулаем алганда, Җир атмосферасыннан нык аерыла икән. Алдан күреп булмый торган ачышның бер мисалы бу. Югыйсә физик характеристикалары охшаш булган (мәсәлән, Җир белән Венераны кайчак «игезәк планеталар» дип тә атыйлар) һәм Кояштан бердәй диярлек ераклыкта урнашкан планеталарның атмосфералары да бик охшашлы булырга тиеш иде сыман. Чынлыкта исә күзәтелә торган аерманың сәбәбе Җир төркемендәге һәрбер планетаның атмосферасы тарихындагы үзенчәлекләргә бәйле.

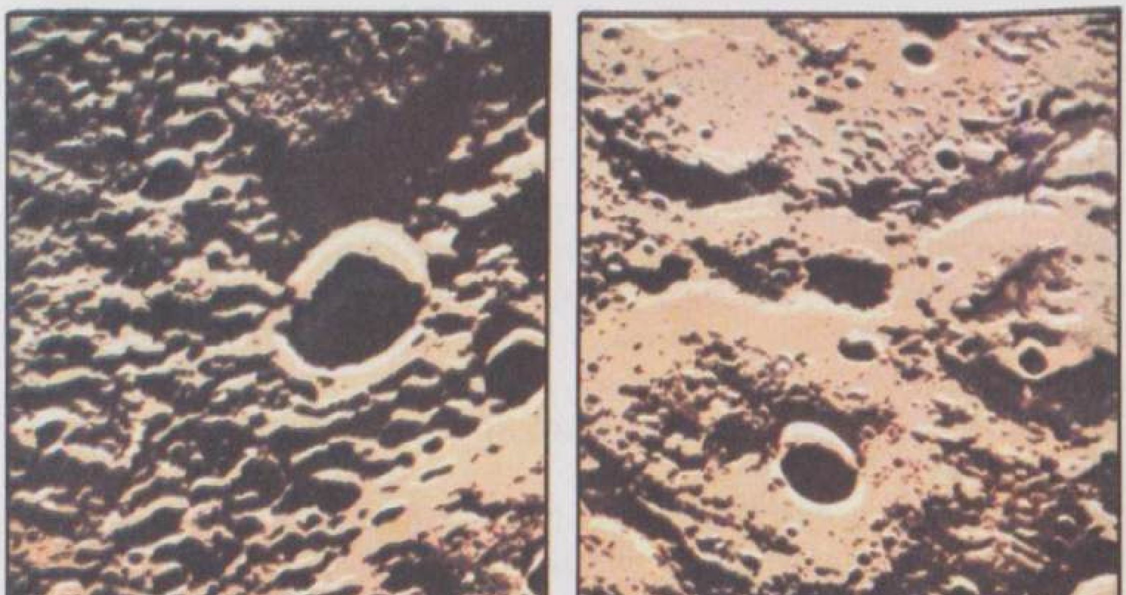
Җир төркемендәге планеталарның атмосферасын тикшерү Җир атмосферасының үзлекләрен һәм барлыкка килү тарихын яхшырак аңларга ярдәм итә һәм, шуның өстенә, бу — экология мәсьәләләрен хәл итү өчен дә әһәмиятле. Мәсәлән, Җир атмосферасында һава пычрану аркасында хасил була торган төтенле томаннар (смог) үзенең составы белән Венера болытларын бик хәтерләтә. Бу болытлар, Марстагы тузан давыллары кебек үк, әгәр дә без Җирдә тереклек өчен, аның үсеше өчен яраклы шартларны озак вакытлар буена сакларга телибез икән, планетабыз атмосферасына тузан һәм төрледән-төрле индустриаль ташландыклар чыгаруны чикләргә кирәк икәнлеген кисәтәләр. Берничә айлар дәвам итә торган тузан бураннары вакытында Марс атмосферасында гаять зур мәйданнар өстендә тузан болытлары йөзеп йөрүе һәм таралуы безне атомтөш сугышының кайбер экологик нәтиҗәләре турында уйланырга мәҗбүр итә.

**3. Планеталарның өслеге.** Җир төркемендәге планеталар, Җир һәм Ай кебек, каты хәлдәге өслеккә ия. Җирдән торып оптик ысуллар белән күзәтү алар турында аз мәгълүмат бирә, чөнки Меркурийны, хәтта элонгация вакытларында да телескоптан җентекләп күзәтү кыен, ә Венераның өслеген бездән болытлар каплап тора. Марста хәтта 15—17 елга бер тапкыр

кабатлана торган *иң якын каршыда торышлар* вакытында (ул вакытта Җир белән Марс арасындагы ераклык 55 млн км чамасы кала) иң зур телескоптан карап та үлчәмнәре 300 км тирәсе булган детальләрне генә күреп була. Шулай да соңгы ун елларда Меркурий һәм Марс өслеге турында күп нәрсә белергә һәм әле күптән дә түгел бик серле тоелган Венера өслеген беркадәр күзаллый башларга мөмкинлек туды. Бу исә «Венера», «Марс», «Викинг», «Маринер», «Магеллан» кебек автомат станцияләрнең уңышлы очышлары, әлеге планеталар яныннан очып үтүләре яки Венера һәм Марс өстенә төшеп утырулары һәм Җирдән радиолокация ысулы белән күзәтүләр аркасында мөмкин булды.

*Меркурийның өслеге* кратерлар белән чуарланган һәм ул Ай өслеген бик хәтерләтә (рәс. 40). Анда «диңгезләр» Айдагыга караганда азрак, өстәвенә алар зур да түгел. Меркурийдагы *Эсселек диңгезенең* диаметры Айдагы Яңгырлар диңгезенеке кебек үк 1300 км. Текә упкыннар уннарча һәм йөзләрчә километрга сузыла, ихтимал, алар электә Меркурийның тектоник активлыгы аркасында планетаның өске катлаулары күченеп, берсе өстенә берсе шуышкан вакытта барлыкка килгәннәрдер. Айдагы кебек үк, кратерларның күбесе метеоритлар төшү аркасында хасил булган. Кратерлар азрак булган урыннарда без өслекнең чагыштырмача яшьрәк өлкәләрен күрәбез. Җимерелеп беткән «карт» кратерларның яхшы саклаңган яшьрәк кратерлардан аермасы күзгә ташланып тора.

*Венера өслегеннән* «Венера» сериясендәге автомат станцияләр тапшырган беренче фототелевизион сурәтләрдә ташлы чүл һәм анда бик күп таш кантарлары күренә (рәс. 41). Җирдән



Рәс. 40. Меркурий өслегендәге аерым өлкәләр.

**Рәс. 41. Венера өслегенең «Венера-14» планетаара автомат станциясе тапшырган панорамасы.**

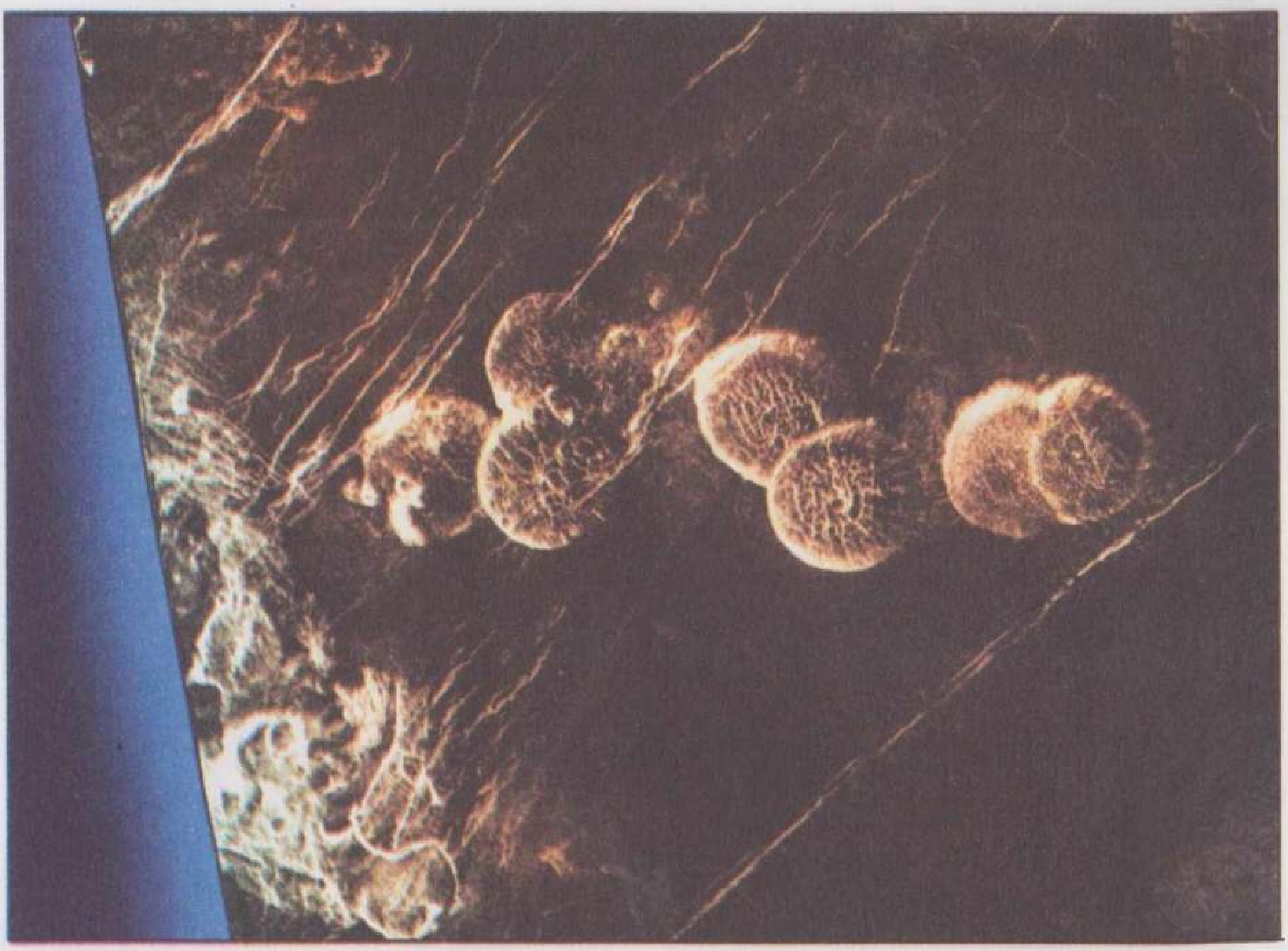
торып радиолокация ысулы белән күзәтүләр бу планетада күп санлы сай гына кратерлар барлыгын ачты, аларның диаметры 30 км дан алып 700 км га кадәр. Тулаем алганда, бу планета, гәрчә үзендә тау массивлары һәм Җирдәге Тибеттан да зуррак киң калкулыклары булса да, Җир төркемендәге планеталар арасында иң тигезе булып чыкты. *Максвелл* исеме бирелгән сүнек вулкан искиткеч зур, аның биеклеге 12 км га җитә (Джомолунгмадан (Җомолуңмадан) бер ярым тапкыр биегрәк), итәгендә аркылысы 1000 км, ә түбәсендәге кратерның диаметры 100 км. Максвеллдан кечкенәрәк булсалар да, *Гаусс* һәм *Герц* вулканнарының конуслары да бик зурлар. Җир океаннары төбеннән сузылган рифт тарлавыклары кебек, Венерада да рифт зоналары табылды, алар бу планетада да кайчандыр (бәлки, хәзер дә!) актив процесслар баруына (мәсәлән, вулкан атуларга) дәлил булып тора.

1983—1984 елларда «Венера-15» һәм «Венера-16» станцияләреннән радиолокацион тикшеренүләр алып барылды һәм алар планетаның картасын һәм атласын төзергә мөмкинлек бирделәр (өслектәге детальләрнең үлчәме 1—2 км). АКШ та җибәрелгән «Магеллан» планетаара автомат станциясендә камилрәк радиолокацион система куллану Венера өслеген тикшерүдә яңа адым ясады. Бу космик аппарат Венера тирәсенә 1990 елның августында килеп җитте һәм сузынкы эллиптик орбитага чыкты. 1990 елның сентябреннән алып анда регуляр рәвештә фотога төшерү эшләре башкарыла. Җиргә бик ачык сурәтләр тапшырыла һәм аларның кайберләрендә 120 м га кадәр зурлыктагы детальләрне дә яхшы аерып була (42—46 нчы рәсем-

нәр). 1993 елның маена планета өслегенең 98% ы диярлек фоторәсемгә алынды. Берничә ел дәвам иткән физик эксперимент Венераны фотога төшерү эшләрен генә түгел, 1995 елда башка тикшеренүләрне дә (гравитация кырын, атмосфераны тикшерү һ. б.) үз эченә алды.

*Марс өслеге* дә кратерларга бай (рәс. 47). Планетаның көньяк ярымшарында алар аеруча күп. Марс өслегенең шактый өлешен алып торган караңгы өлкәләргә диңгезләр дигән исем бирелде *(Эллада, Аргир* һ. б.). Җирдәге континентларны хәтерләткән калкулыклар исә кыйтгалар (материклар) дип аталды *(Фарсида, Элисиум)*. Алар кызгылтрак төсле якты мәйданнардан гыйбарәт. Венерадагы кебек үк монда да гаять зур вулкан конуслары бар. Аларның иң зурысының *(Олимп* тавының) биеклеге 25 км дан да артып китә, ә кратерларның диаметры 90 км. Бу гаять зур конуссыман тауның итәгендәге диаметры 500 км дан да артыграк.

**Рәс. 42. Венера өслегендә 100 дән алып 200 км га кадәр диаметрлы бөҗрәсыман структуралар («таҗлар») (1991 елда «Магеллан» станциясе тапшырган радиолокацион сурәт).**



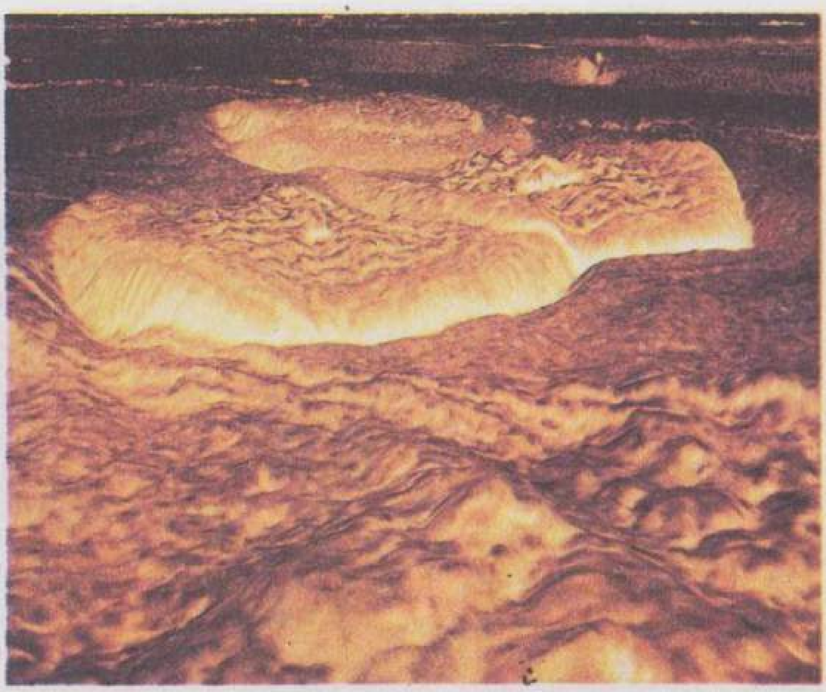
**Рәс. 43. Венера ландшафтындагы кайбер детальләренең күләмле сурәте (1991 елда «Магеллан» станциясе тапшырган радиолокацион сурәт).**

Лава ташкыннары калдыклары, өслегендәге ифрат зур убылышлар (шундый убылышларның берсе — *Маринер* — 4000 км га сузыла), күп санлы т а р л а в ы к л а р һәм к а н ь о н н а р моннан миллионнарча еллар элек Марста куәтле вулкан атулар булганлыгын һәм өслек катламнарының шуышуы турында сөйлиләр. Ихтимал, нәкъ менә шушы нәрсәләрне (мәсәлән, кратерлар чылбырын яки озын тарлавыкларны) моннан 100 еллар элек Марсны тикшерүчеләр «каналлар» дип уйлаган булыр. Соңыннан ул каналларны Марстагы акыллы затлар эшчәнлеге белән аңлатырга тырыштылар.

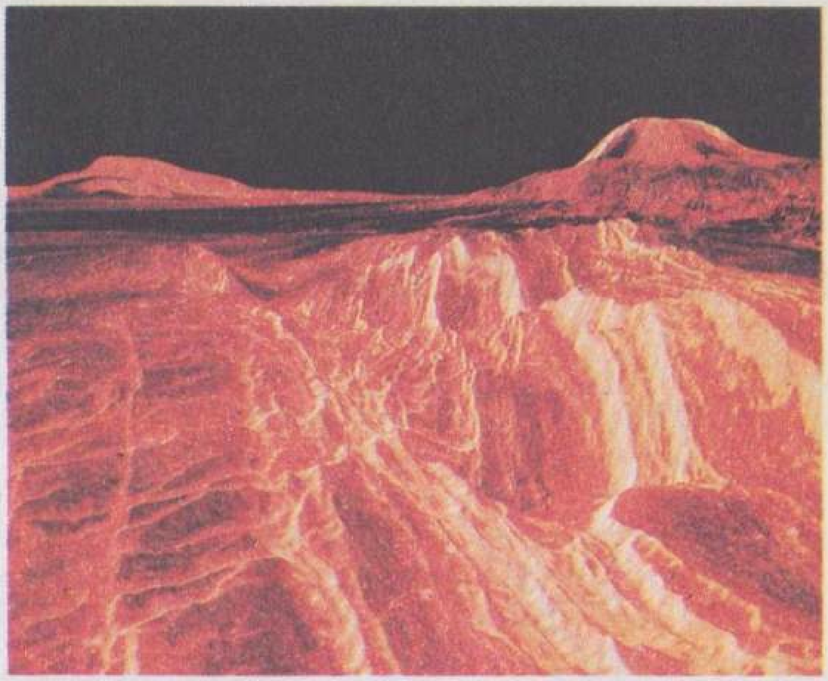
Марсның кызгылт төсе дә сер булудан туктады. Ул бу планета өслегендә тимергә бай кызыл балчык күп булудан килә.

Марсның иярченнәре якын арадан берничә тапкыр фотога төшерелде (рәс. 48, 49) һәм «Кызыл планета» өслегенең панорамалы сурәтләре Җиргә тапшырылды (рәс. 50).

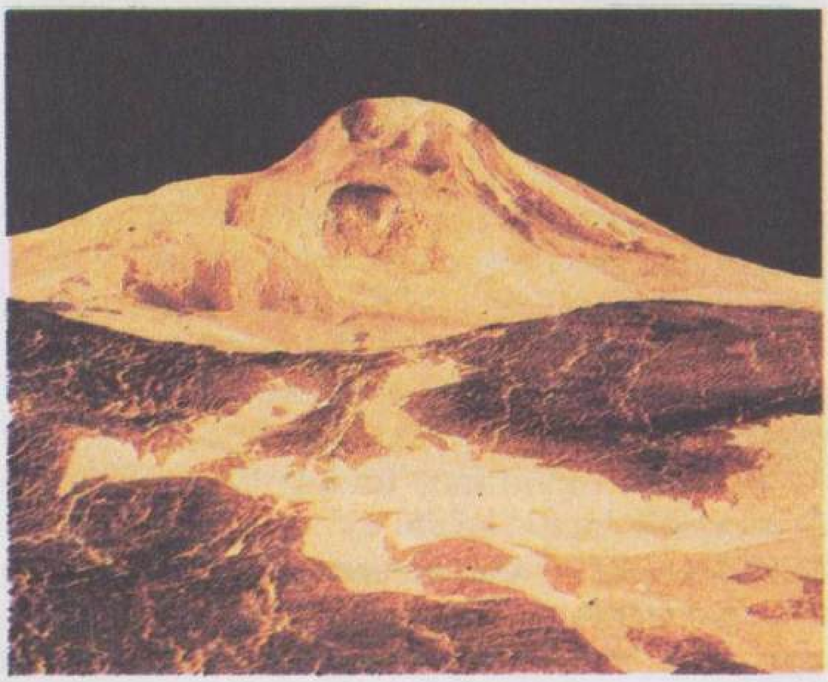
Сез Җир йөзенең 2/3 өлешен океаннар биләп торганлыгын беләсез. Венера һәм Меркурий өслегендә су юк. Марста да ачык сулыклар юк. Ләкин, галимнәр фараз иткәнчә, Марста су булырга тиеш, һич югында ул *котып бүрекләрен* тәшкил иткән боз катламы яки бик зур һәм *мәңге туң катлам* рәвешендә



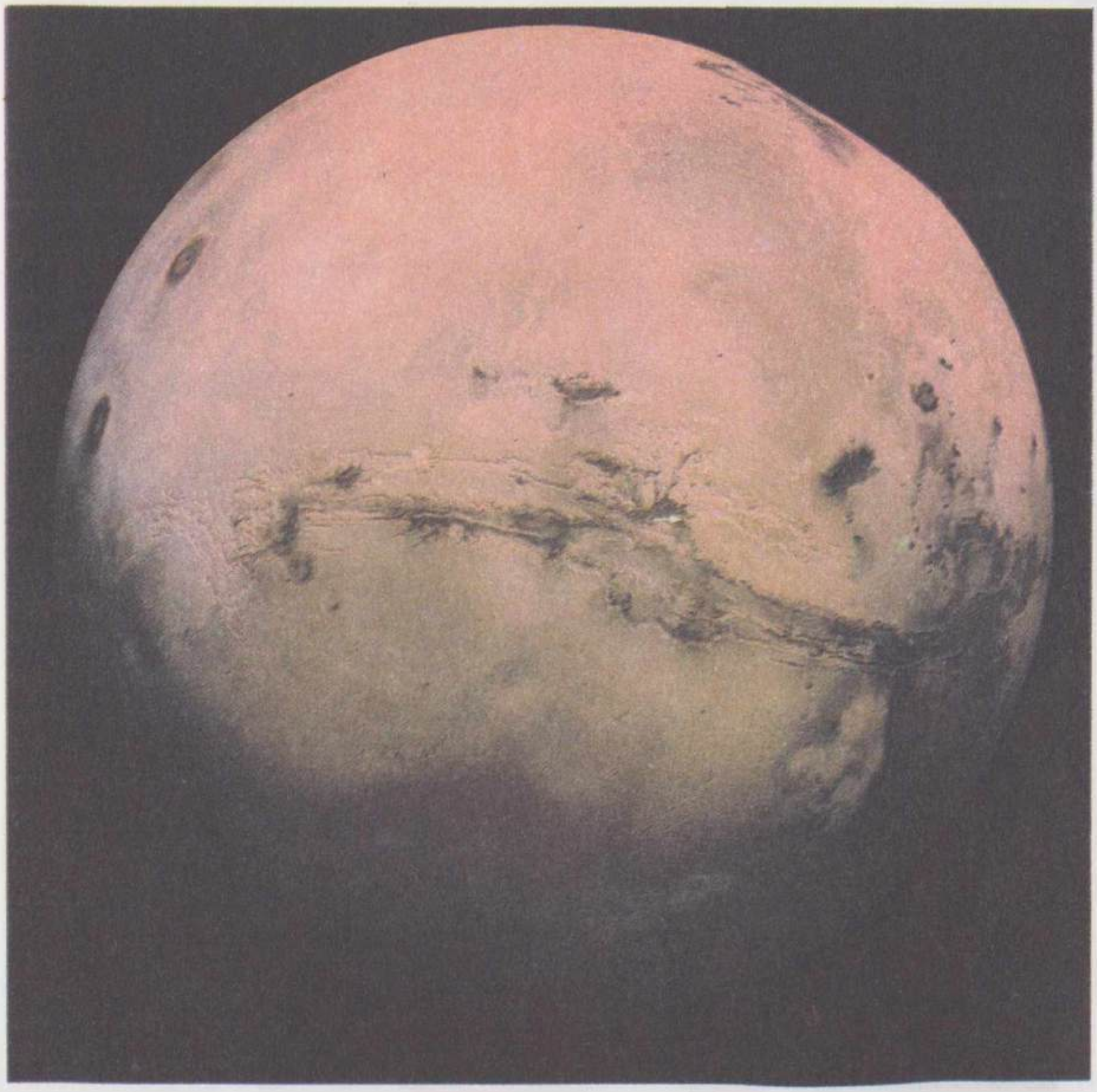
**Рәс. 44. Венерада Альфа өлкәсенең көнчыгыш кырыеның бер өлеше. Гөмбәзсыман калкулыклар планета өслегенә лава күтәрелү нәтиҗәсендә барлыкка килгәннәр. Шундый ук табигатьле таулар 43 нче рәсемдә дә күренә.**



**Рәс. 45. Венерада Көнбатыш Эйстла өлкәсе. Сул якта Сиф тавы — 2 км биеклеккә җиткән вулкан («Магеллан» тарафыннан җибәрелгән радиолокацион сурәтнең компьютер варианты, 1992 ел).**

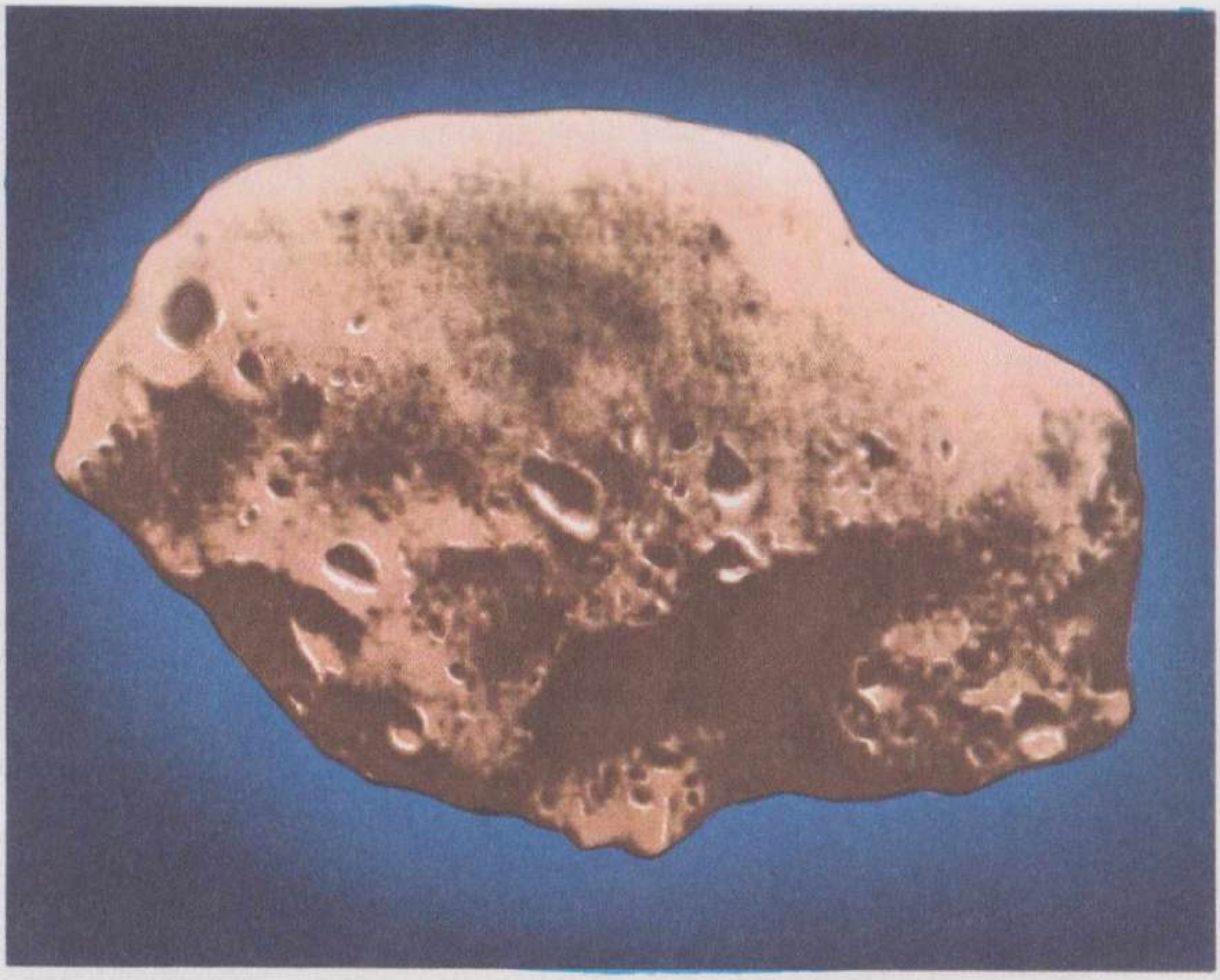


**Рәс. 46. Венерада 8 км чамасы биеклектәге Маат тавы — вулкан («Магеллан» станциясе тапшырган радиолокацион сурәтнең компьютер варианты, 1992 ел).**



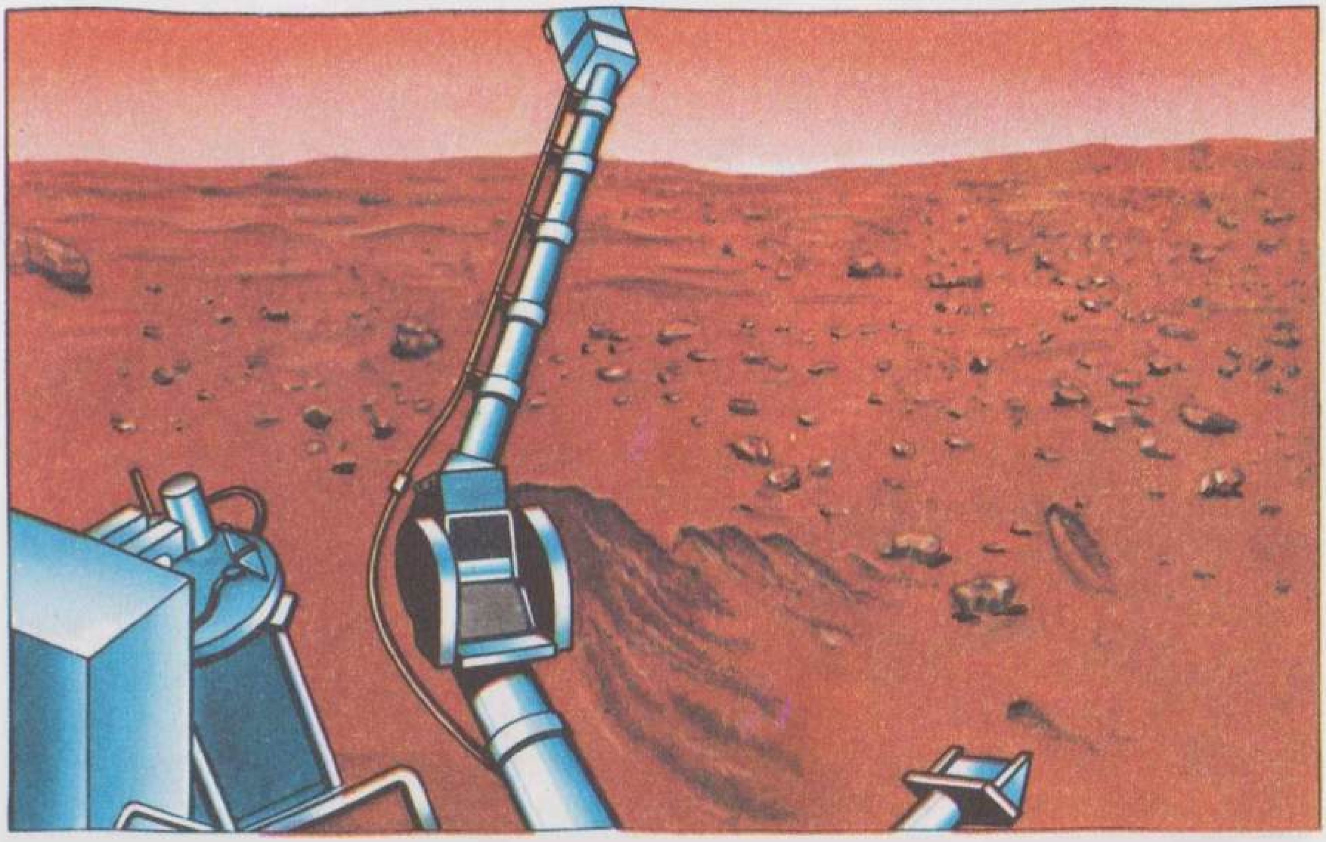
**Рәс. 47. Планетаны якын арадан фотога төшерү мәгълүматлары нигезендә Марсның 90 нчы еллар башында АКШ галимнәре төзегән сурәте. 1000 км га кадәр озынлыктагы Маринер каньоны яхшы күренә.**

ята торгандыр. Мәсәлән, Көньяк полюс янында котып бүрегенең калынлыгы 1—3 км. Марста шулай ук мәңгелек туң катлавы да шактый зур мәйданны алып тора. 1998—2002 елларда үткәрелгән тикшеренүләр нәтиҗәсендә Марста планетаның өслегеннән бик үк тирәндә ятмаган зур боз запасы барлыгы ачыкланды (АКШта җибәрелгән автомат станцияләр «Марс Глоубэл», «Марс Одиссей»). 2004 елда Марска Америка җибәргән ике «марсоход» Җиргә андагы грунтның төрле үзлекләре һәм суның булу ихтималлыгы турында кыйммәтле мәгълүмат тапшырды. Бу мәгълүмат кешенең Марска очышын хәзерләү өчен мөһим.



∆
**Рәс. 48. Марсның иярчене — Фобос.**

◁
**Рәс. 49. Марсның иярчене — Деймос.**



**Рәс. 50. АКШта җибәрелгән «Викинг-1» автомат станциясе Марс өслегендә (1978 ел).**

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

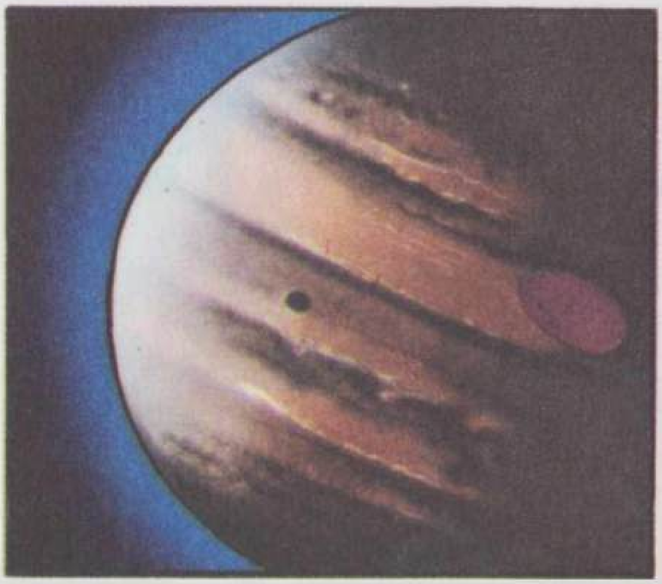
**1.** Җир төркеменә караган планеталарның кайсысы үлчәмнәре буенча башкаларыннан зуррак яки кечкенәрәк? Ә массасы буенча? Уртача тыгызлыгы буенча? **2.** Планетаның уртача тыгызлыгын хисаплап чыгару өчен аның нинди физик күрсәткечләрен белергә кирәк? **3.** Әгәр дә Җир күчәре планетабызның орбита яссылыгына перпендикуляр булса, Җир йөзендә ел фасыллары алмашыныр идеме? **4.** Җир төркемендәге планеталарның атмосфералары арасында нинди охшашлык һәм нинди аермалыклар бар? **5.** Җир төркемендәге планеталар өслеге кайсы яклары белән охшаш һәм аермалары нәрсәдә? **6*.** Үзегез сайлаган масштабта Джомолунгманы (Җомолуңманы), Максвелл һәм Олимп тауларын кәгазьгә төшерегез. **7*.** Айны һәм Җир төркемендәге планеталарны үсеш-эволюцияләре инде тәмамланган күк җисемнәре дип санап булмый. Бу фикерне нигезләп бирегез. **8.** Кайчандыр кратерлар Җир төркемендәге барлык планеталарда һәм Айда да барлыкка килгәннәр. Хәзерге вакытта алар кайда һәм нилектән яхшырак (начаррак) сакланганнар? **9.** Җир төркеменә кергән планеталарны өйрәнүнең нинди фәнни һәм гамәли әһәмияте бар? **10.** Меркурий, Венера һәм Марс турындагы хәзерге мәгълүматларны тулаем күздән кичереп, бу планеталарда тереклек булу ихтималы турында нәтиҗә чыгарыгыз.

## § 15. ГИГАНТ ПЛАНЕТАЛАР

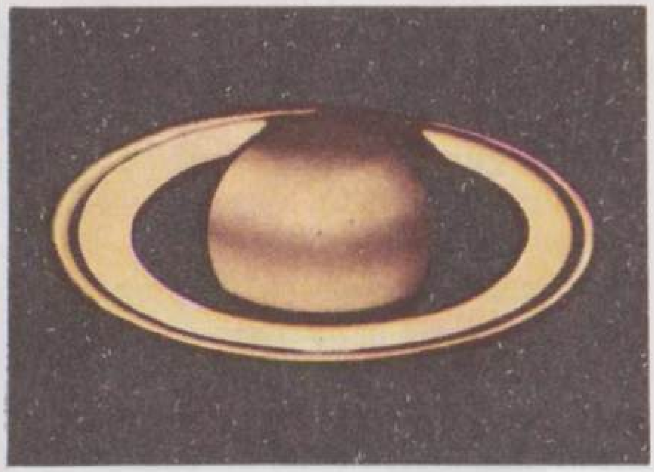
**1. Гигант планеталарның гомуми сыйфатлары.** IX кушымтада бирелгән мәгълүматлар белән эшне дәвам итеп, сез гигант планеталарның Җир төркеме планеталарыннан үзгәлеген ачыклый һәм аларның *(Юпитер* (рәс. 51), *Сатурн* (рәс. 52), *Уран, Нептун)* охшаш якларын һәм аермаларын таба аласыз. Барлык бу планеталарның (бигрәк тә Юпитерның) *үлчәмнәре* һәм *массалары зур.* Мәсәлән, күләме ягыннан Юпитер Җирдән 1320 тапкыр диярлек, ә массасы буенча 318 тапкыр зуррак. Гигант планеталарның уртача тыгызлыгы кечкенә булуына игътибар итегез (Сатурнның тыгызлыгы иң кечкенә — $0,7 \cdot 10^3$ кг/м$^3$).

Гигант планеталар *үз күчәрләре тирәсендә бик тиз әйләнәләр*; гаять зур Юпитерга бер әйләнеш ясау өчен 10 сәг тән дә азрак вакыт кирәк. Шуның белән бергә, Җирдән торып оптик күзәтүләр нәтиҗәсендә билгеле булганча, гигант планеталарның экваториаль зоналары поляр зоналарга караганда тизрәк әйләнәләр икән, ягъни күчәр тирәсендә хәрәкәт иткәндә, сызыкча тизлеге иң зур булган урыннарда почмакча тизлекләр дә иң зур. Гигант планеталарның нык *кысылган булуы* — тиз әйләнү нәтиҗәсе (бу нәрсә визуаль күзәтүләр вакытында күзгә ташлана). Сез Җирнең экватор һәм поляр радиуслары арасындагы аерманың ≈21 км тәшкил иткәнлеген беләсез, ә Юпитерда ул 4400 км га тигез.

Гигант планеталар Кояштан ерак урнашканнар һәм, ел фасыллары үзгәрүнең нинди булуына карамастан, аларда һәрвакыт түбән температуралар хөкем сөрә. Юпитерда ел фасыллары гомумән алмашынмый, чөнки бу планетаның күчәре аның



Рәс. 51. Юпитер.



Рәс. 52. Сатурн.

**Рәс. 53. Юпитерның космик фоторәсемнәре буенча төзелгән мозаикалы сурәте (АКШ).**

орбита яссылыгына перпендикуляр диярлек. Уран планетасының күчәре аның орбита яссылыгына 8° лы почмак ясап авыш торганлыктан, бу планетаның да ел фасыллары алмашыну үзенчәлекле.

Гигант планеталар *иярченнәренең күплеге* белән аерылып торалар. Хәзерге вакытта Юпитерның 63 иярчене, Сатурнның — 36, Уранның — 27 һәм Нептунның гына 8 иярчене ачылган. Гигант планеталарның гаҗәеп үзенчәлеге — *боҗралары* булуда. Сатурнның гына түгел, Юпитерның, Уранның һәм Нептунның да шундый боҗралары ачылды. Зур планеталардан Юпитер белән Сатурн башкаларыннан яхшырак тикшерелгән.

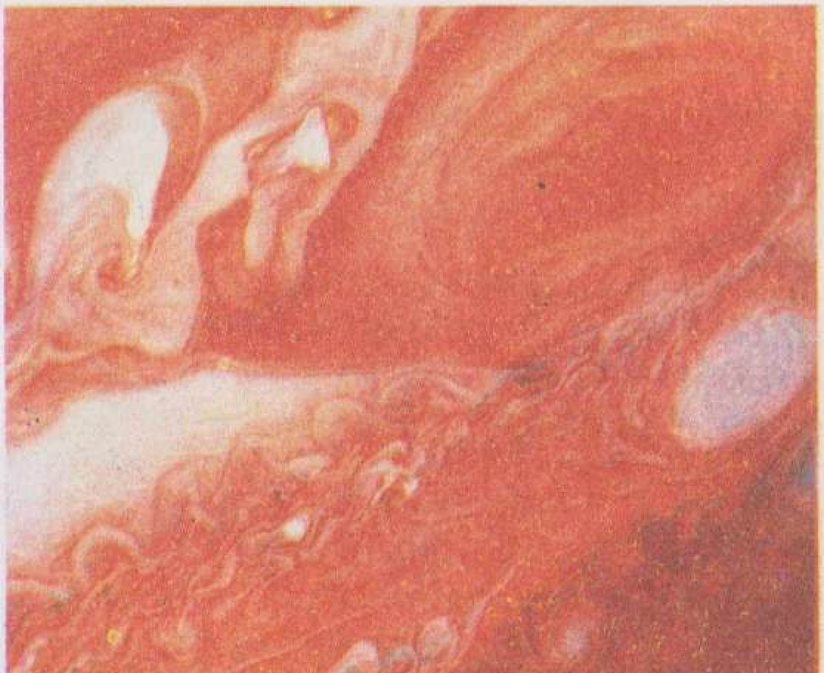
**2. Төзелеш үзенчәлекләре.** Гигант планеталар төзелешендәге иң мөһим үзенчәлек — бу планеталарның *каты өслеге булмауда.* Бу фикер гигант планеталарның уртача тыгызлыгы

кечкенә булу, аларның химик төзелеше (алар, нигездә, водород һәм гелий кебек җиңел элементлардан торалар), зоналап бик тиз әйләнү һәм кайбер башка үзлекләре белән әйбәт яраша. Димәк, Юпитерда һәм Сатурнда без күрә алган бөтен нәрсә (ә ераграк урнашкан планеталарда детальләрне гомумән күреп булмый) бу планеталарның калын атмосферасында күзәтелә (рәс. 53). Хәтта кечерәк телескоптан караганда да Юпитерда экватор буйлап сузылган полосалар күзгә чалына. Юпитерның водород белән гелийдан торган атмосферасында югарыгы катлауларда химик кушылмалар (мәсәлән, метан һәм аммиак), углеводородлар (мәсәлән, этан, ацетилен) һәм шулай ук атмосфераның төрле өлкәләрен кызгылт-көрән һәм сары төсләргә буйый торган төрле матдәләр (шул исәптән фосфор һәм күкерт катнашкан матдәләр) дә очрый. Шул рәвешле, үзләренең химик составлары ягыннан гигант планеталар Җир төркеме планеталарыннан кискен аерылып торалар. Бу үзгәлек планеталар системасының килеп чыгу процессы белән бәйле (§ 32).

Америка автомат планетаара станцияләре «Пионер» һәм «Вояджер» бортыннан тапшырылган фоторәсемнәрдә Юпитер атмосферасында газларның катлаулы хәрәкәттә катнашуы, бу вакытта өермәләр хасил булуы һәм таркалып торуы аермачык күренә. Юпитерда 300 еллар чамасы күзәтелә торган *Зур Кызыл Тап* та (ярымкүчәрләре 15 һәм 5 мең км булган овал) гаять зур һәм бик тотрыклы өермәдән гыйбарәт дип фараз ителә (рәс. 54).

Сатурнның автомат планетаара станцияләр тапшырган фоторәсемнәрендә дә хәрәкәт итүче газ агымнары һәм тотрыклы таплар күренә.

«Вояджер-2» Нептун атмосферасындагы детальләрне күрергә мөмкинлек бирде.



**Рәс. 54. Юпитерда Зур Кызыл Тап («Вояджер-1», 1979 ел, 5 млн. км ераклыктан).**

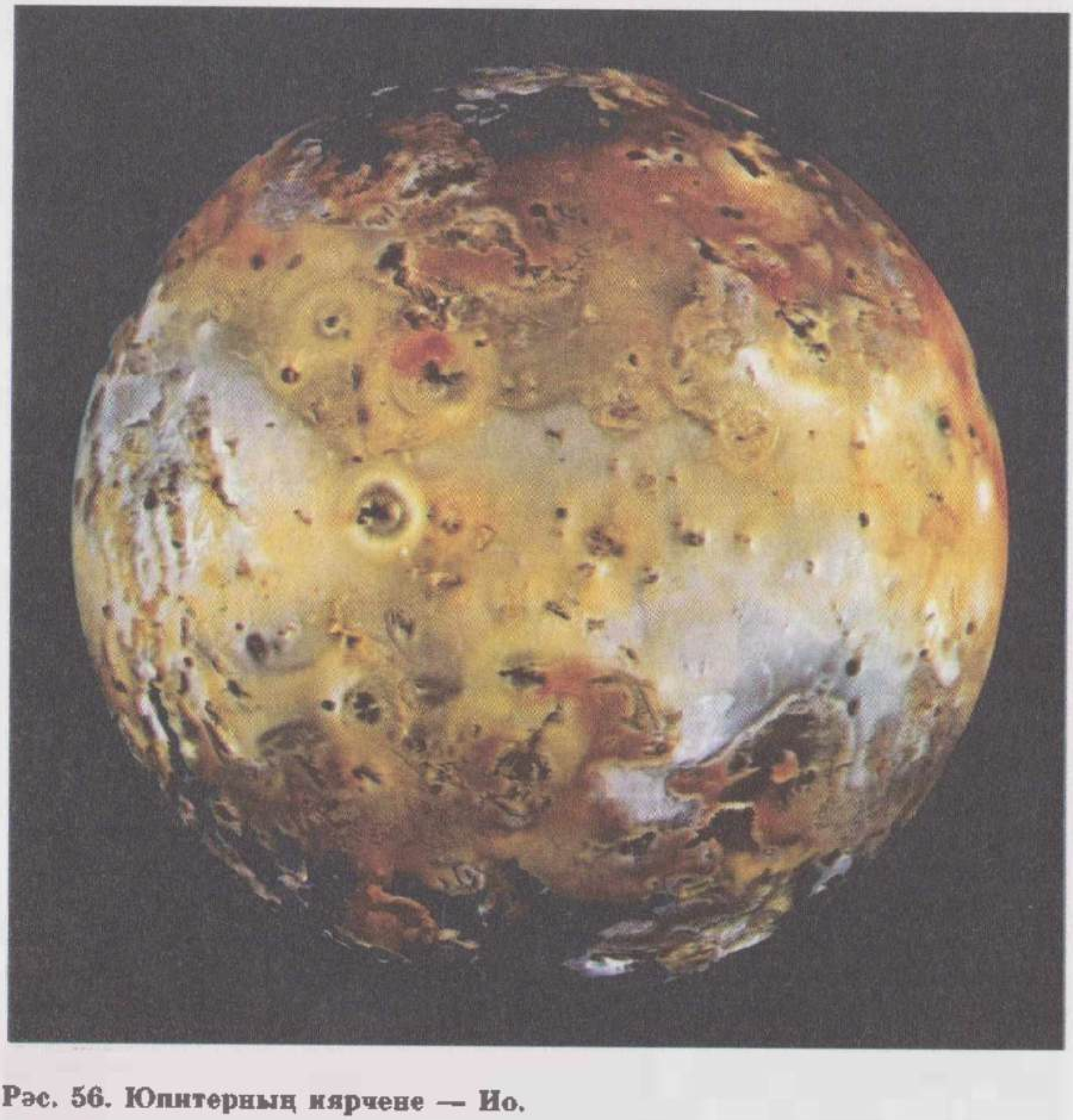
Гигант планеталарның болыт катлавы астындагы матдәне турыдан-туры күзәтү мөмкин түгел. Аның үзлекләре турында кайбер өстәмә мәгълүматлардан чыгып кына фикер йөртергә була. Мәсәлән, гигант планеталарның эчке катлауларында матдә югары температуралы булырга тиеш дип уйланыла. Мондый нәтиҗәгә ничек килгәннәр соң? Беренчедән, Юпитерның Кояштан ераклыгын белгән хәлдә, аңардан Юпитер ала торган җылылык микъдарын хисаплап чыгарганнар. Икенчедән, атмосфераның яктылык кайтару сәләтен билгеләгәннәр, бу исә планетаның күпме Кояш энергиясен космик фәзага кире кайтаруын белергә мөмкинлек биргән. Ниһаять, Кояштан билгеле бер ераклыкта торган планетаның нинди температурага ия булырга тиешлеген хисаплаганнар. Ул −160°С ка якын булып чыккан. Ләкин планетаның температурасын турыдан-туры да билгеләргә мөмкин, моның өчен аның инфракызыл нурланышын Җирдәге аппаратлар һәм автомат планетаара станцияләргә урнаштырылган әсбаплар ярдәмендә тикшерергә кирәк. Мондый үлчәү эшләре Юпитерның температурасы −130°С тирәсе икәнлеген, ягъни алдан хисаплаганга караганда югарырак булуын күрсәттеләр. Димәк, Юпитер Кояштан алганга караганда 2 тапкыр диярлек күбрәк энергияне нур рәвешендә тарата икән. Моннан планета үзе энергия чыганагына ия дигән нәтиҗә ясарга мөмкинлек бар.

Гигант планеталар турында җыйналган барлык мәгълүматлар бу күк җисемнәренең *эчке төзелешен модельләштерергә*, ягъни аларның эчке катлауларында *тыгызлык, басым* һәм *температура* күпме икәнлеген хисаплап табарга юл ача. Мәсәлән, Юпитерның үзәгенә якында температура берничә дистә мең кельвинга җитә.

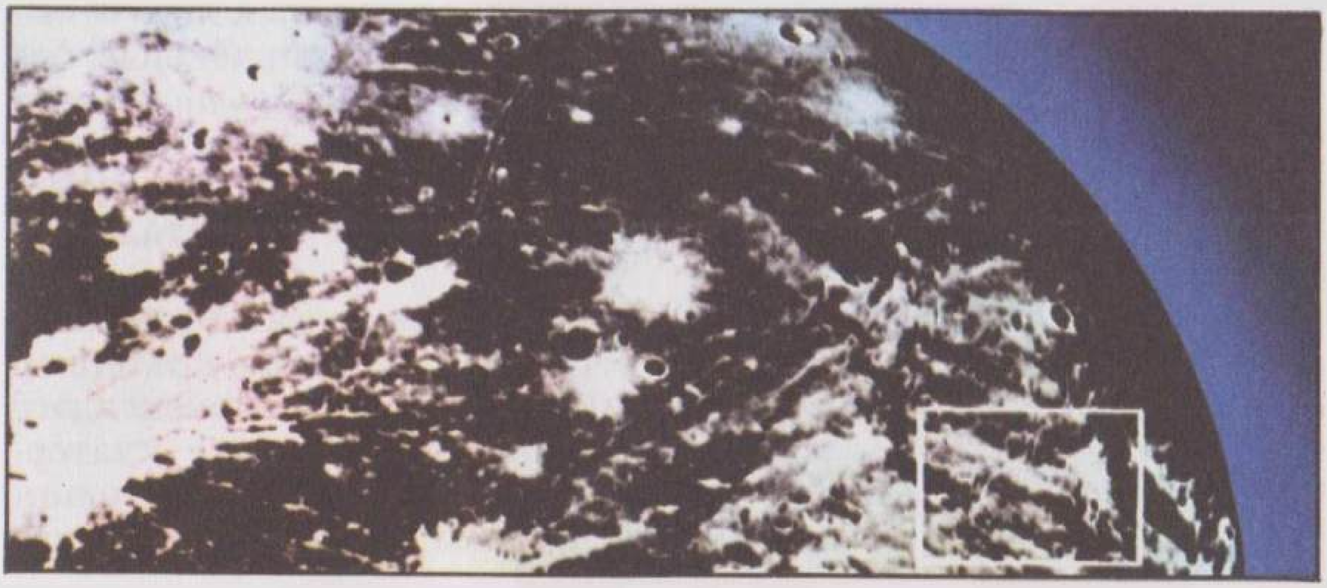
Тышкы кабыгы, мантиясе һәм төше булган Җир төркемендәге планеталардан үзгә буларак, Юпитер атмосферасында газ хәлендәге водород (гидроген) башта сыек, ә аннары каты хәлгә, металл хәленә күчә. Водородның шушы гадәттән тыш агрегат хәлләре (соңгы очракта ул электр үткәрә башлый) тирәнрәк кергән саен басымның кискен төстә артуы белән бәйләнгән. Әйтик, планета радиусының 0,9 өлешеннән бераз артыграк тирәнлектә басым 40 млн атмосферага ($4 \cdot 10^{12}$ Па) җитә.

Ихтимал, гигант планеталарда шактый көчле *магнит кырлары* булу аларның үзәк катлауларындагы электр үткәрүчән матдәнең тиз әйләнүе белән бәйледер. Юпитерның магнит кыры аеруча зур. Ул Җирнең магнит кырыннан күп тапкырлар зуррак, шуның белән бергә, аның полярлыгы Җирдәгегә капма-каршы (сезгә билгеле булганча, Җирнең төньяк географик полюсы тирәсендә көньяк магнит полюсы урнашкан). Планетаның магнит кыры Кояштан атылып чыккан электр корылмалы кисәкчекләрне (ионнар, протоннар, электроннарны һ.б.) тотып ала, һәм бу кисәкчекләр планета тирәсендә зур энергияле кисәкчекләрдән торган пояслар барлыкка

Рәс. 55. Юпитер иярчене — Ганимед өслегенең кайбер өлешләре.



Рәс. 56. Юпитерның иярчене — Ио.



китерәләр. Аларны радиацион пояслар дип атыйлар. Җир төркемендәге барлык планеталардан фәкать безнең планетабызның гына радиацион поясы бар. Юпитерның радиацион поясы 2,5 млн км га кадәр сузыла. Ул Җирнекеннән дистәләгән мең тапкыр интенсивракк. Юпитерның радиацион поясында хәрәкәт итүче электр корылмалы кисәкчекләр дециметрлы һәм декаметрлы дулкыннар диапазонында радиодулкыннар тараталар. Җирдәге кебек үк, Юпитерда да радиацион поястан атмосферага корылмалы кисәкчекләр бәреп керүгә бәйле *котып балкышлары* һәм шулай ук атмосферада көчле электр бушанулары (*яшеннәр*) күзәтелә.

**3. Иярченнәр.** Юпитерның иярченнәр системасы кечерәк кенә Кояш системасын хәтерләтә. Галилей тарафыннан ачылган дүрт иярченне Галилей иярченнәре дип атыйлар. Болар — *Ио, Европа, Ганимед* һәм *Каллисто.* Аларның иң зурысы — Ганимед — үлчәмнәре ягыннан Меркурийдан да зуррак (ләкин массасы буенча бу планетадан ике тапкыр калыша). АКШ та җибәрелгән автомат планетаара станцияләр («Пионер» һәм «Вояджер»), Юпитер, ә аннары Сатурн иярченнәре яныннан очып узган вакытта Җиргә бу иярченнәрнең өслеге сурәтләнгән фоторәсемнәр тапшырдылар. Алар Айның һәм Җир төркеме планеталарының өслегенә охшаган икән. Аеруча Ганимед Айга охшаш (рәс. 55). Кратерлардан башка, Ганимедта озын тау сыртлары һәм үзенә бертөрле тармакланган тасма-тасма эзләр күп. *Ионың өслеге аеруча үзенчәлекле,* анда ата торган *вулканнар* ачылды һәм иярченнең өслеген вулканнардан атылып чыккан матдә күмеп киткән диярга була (рәс. 56).

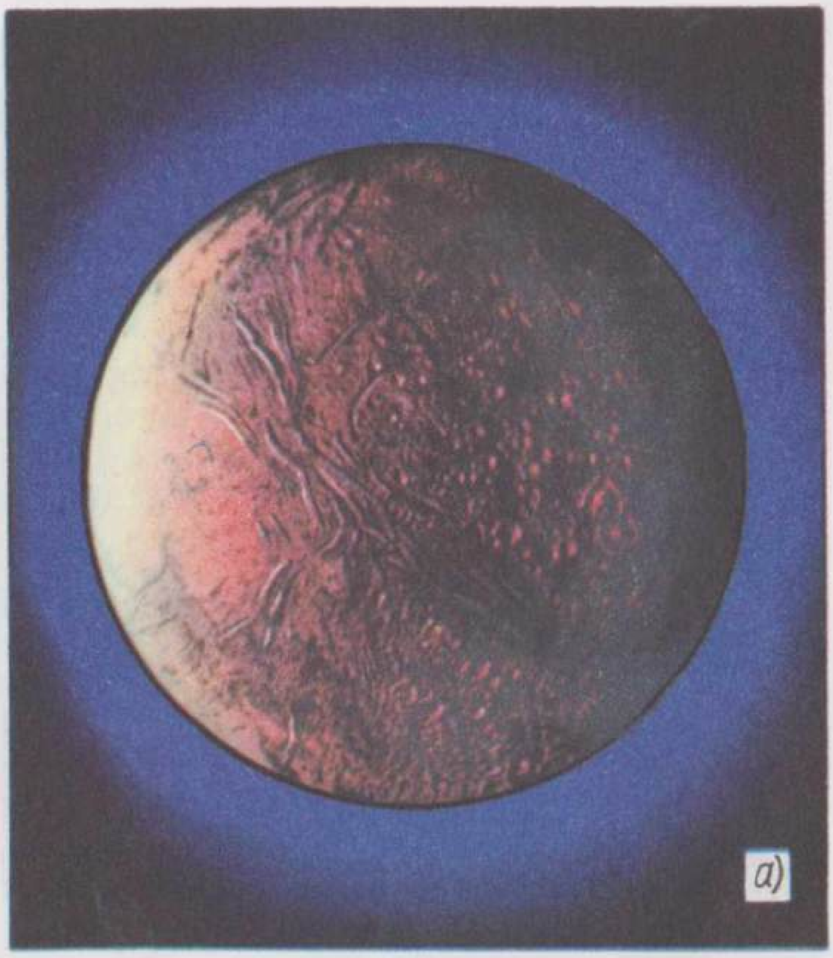
*Каллистода кратерлар бигрәк тә күп.* Бу иярченнең фоторәсемендә күпбоҗралы бер объект («Үгез күзе») күренә, аның диаметры 600 км, ә концентрик боҗралар системасының аркылысы 2600 км га кадәр. Ихтимал, ул метеорит төшеп бәрелүдән барлыкка килгәндер (рәс. 57). *Европаның өслеге* берничә

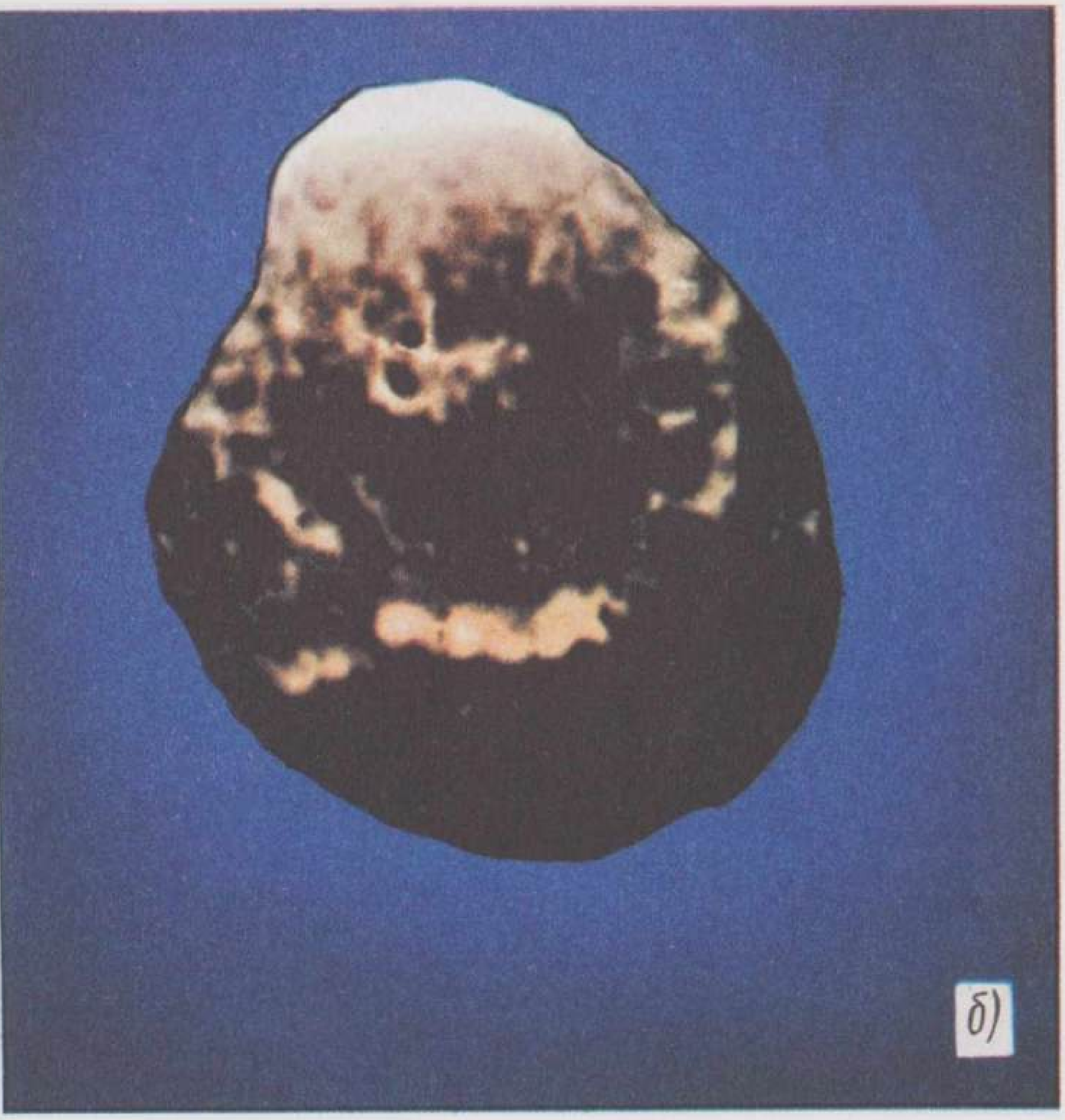
мең километр озынлыктагы караңгы һәм аксыл ярыклар белән чуарланган. Әле күптән түгел Юпитерның бу иярченендә боз асты су океаны Юпитерга иң якын булган *Амальтея* дигән иярченнең һәм шулай ук Галилей иярченнәре орбитасының артында урнашкан ерак иярченнәрнең формасы төзек түгел, һәм бу яктан алар Кояш системасының кече планеталарын (астероидларны) хәтерләтәләр.

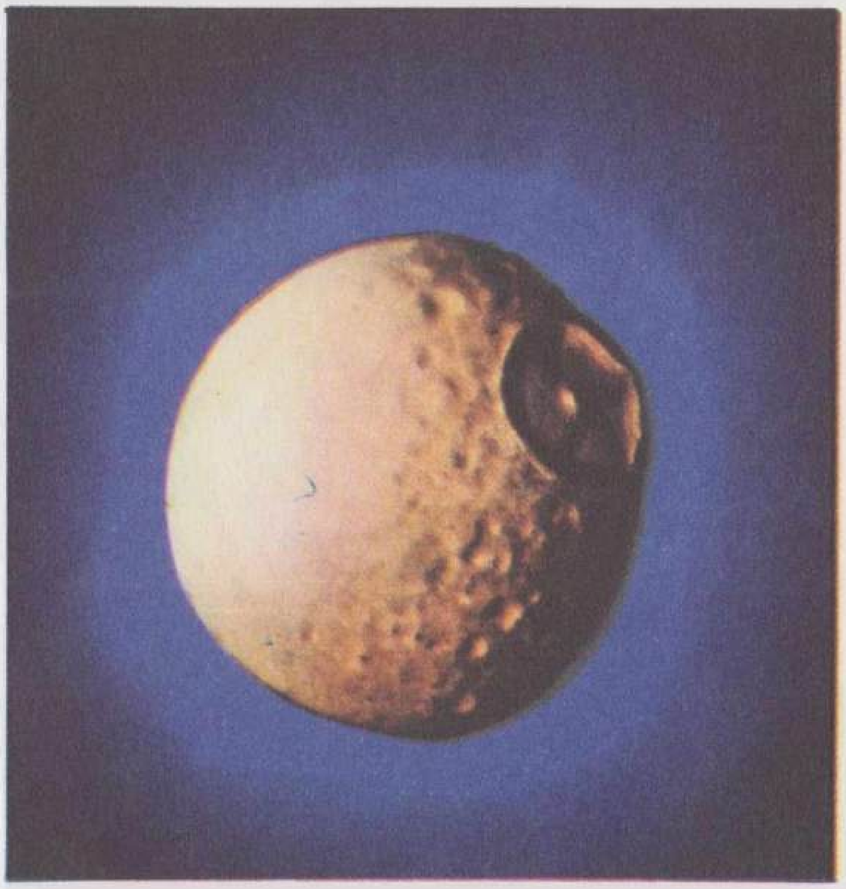
Сатурнның да кайбер иярченнәре якыннан фотога төшерелде (рәс. 58). Бу күк җисемнәренең өслегендә күпләгән кратерлар табылды. Аларның кайберләре бик зур (*Тефия* иярченендәге кратерның диаметры 400 км, ә *Мимас* иярченендәге кратерның — 130 км чамасы (рәс. 59). Сатурн иярченнәреннән *Титан* исемлесе аеруча кызыксыну уята, чөнки аның атмосферасы

Рәс. 57. Юпитерның иярчене — Каллисто (202 000 км ераклыктан).

Рәс. 58.
Сатурнның иярченнәре:
Энцелад (а),
Гиперион (б).

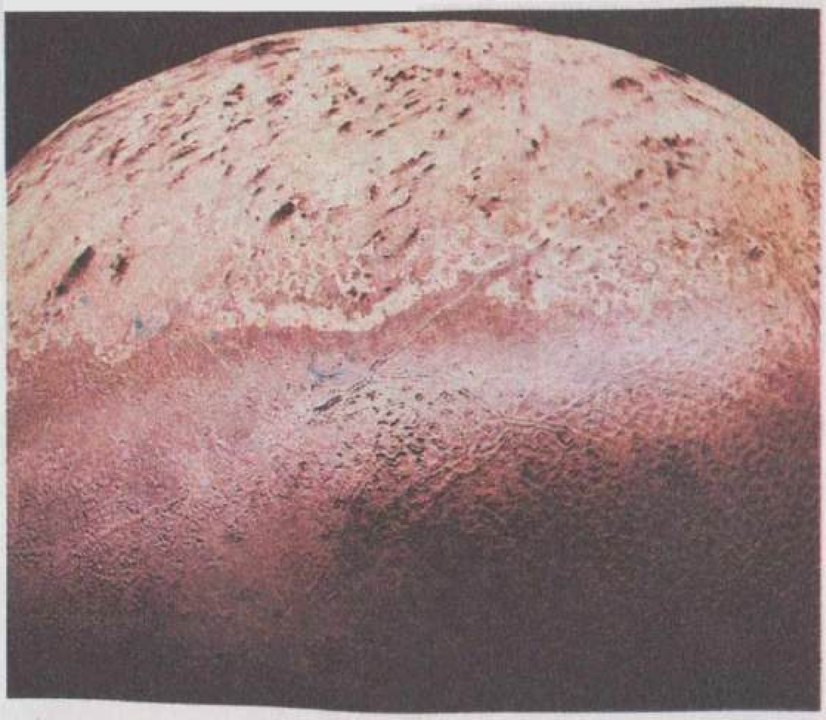




Рәс. 59.
Сатурн иярчене — Мимас (130 км диаметрлы кратеры белән).
◁

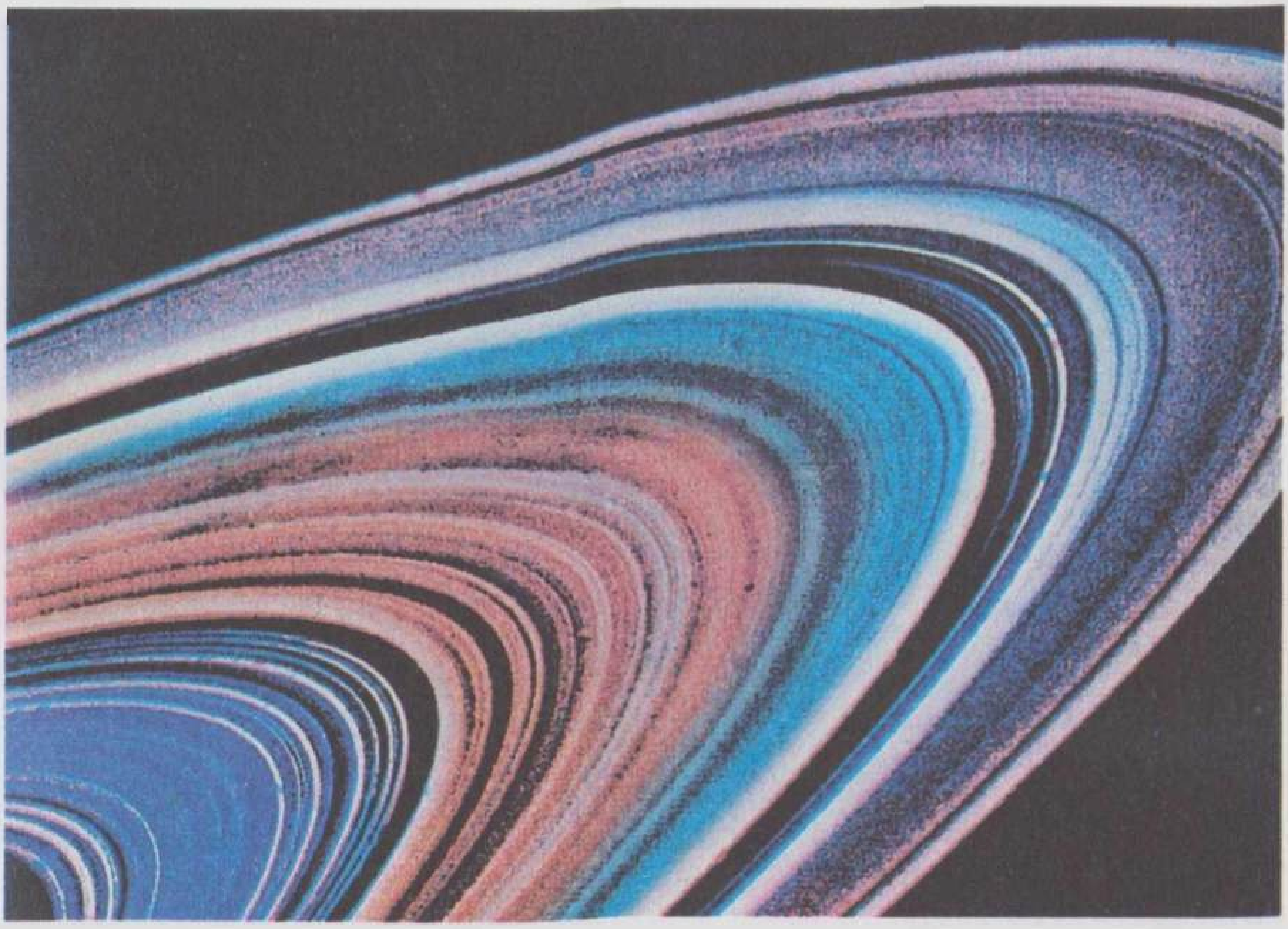
Рәс. 60.
Уран иярчене — Миранда («Вояджер-2», 1986 ел).
▽



**Рәс. 61. Нептунның иң зур иярчене — Тритон («Вояджер-2»).**

бар. Бу атмосфера бөтенләй диярлек азоттан тора, шул ук вакытта Титан өслеге тирәсендә атмосфера басымы һәм аның тыгызлыгы Җир атмосферасының шул ук күрсәткечләреннән артыграк. Титанның массасы Ай массасыннан 2 тапкыр диярлек, ә радиусы (2580 км) Айныкыннан 1,5 тапкыр зуррак. Титанга 2005 елның гыйнварында җибәрелгән зонд бу иярчен турында күп яңа мәгълүмат бирәчәк. Уранның аеруча кызыклы иярченнәреннән берсе — *Миранда* (рәс. 60). Нептунның иң зур иярчене булган *Тритон* да үзенчәлекле (рәс. 61). Тритонның диаметры 2705 км, ул, башлыча, азоттан торган атмосферага да ия. Гигант планеталарның күп кенә башка иярченнәре кебек үк. Тритон — силикат катыш боздан гыйбарәт күк җисеме. Анда кратерлар, котып бүрекләре һәм хәтта газ атып торучы гейзерлар да табылды.

**4. Боҗралар.** Иң башта *Сатурн боҗралары* ачылды (XVII гасыр, Галилей, Гюйгенс). XIX гасырда ук инде, Сатурн боҗраларының тотрыклылыгын өйрәнгән инглиз физигы *Дж. Максвелл* (1831—1879), һәм шулай ук рус астрофизигы *А. А. Белопольский* (1854—1934) Сатурн боҗрасының тоташ җисем була алмавын исбат иткәннәр иде. Җирдән торып иң яхшы телескоплардан күзәткәндә, аралыклар белән бүлгәләнгән берничә боҗра күренә. Автомат планетаара станцияләрдән тапшырылган фоторәсемнәрдә күпләгән боҗралар күрәсең (рәс. 62). Боҗралар бик киң: планетаның болытлар катлавы өстендә алар 60 000 км га кадәр сузыла. Һәр боҗра эреле-ваклы кисәкчекләрдән һәм кантарлардан тора, алар Сатурн тирәсендә үз орбиталары буенча хәрәкәт итәләр. Боҗраларның калынлыгы исә 1 км дан да артык түгел. Шуңа күрә, Кояш тирәли хәрәкәт иткәндә, Җир Сатурн боҗралары яссылыгына килеп кергән мизгелдә (бу хәл һәр 14—15 ел саен кабатлана, мәсәлән,



Рәс. 62. Сатурн боҗраларының нәфис структурасы.

ул 1994 елда булды), боҗралар күренми башлый, безгә алар юкка чыккандай тоелалар. Боҗраларны төзегән матдәнең бу планеталар һәм аларның эре иярченнәре оешкан вакытта аларны төзүгә китми калган булуы ихтимал.

1977 елны — Уран янындагы *боҗралар,* 1979 елда — *Юпитер* янындагы, 1989 елда *Нептун* янындагы боҗралар ачылды. Барлык гигант планеталар тирәсендә боҗралар булу ихтималын танылган астроном С. *К. Всехсвятский* (1905—1984) инде 1960 елда ук күрсәткән иде.

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Үзләренең төп физик күрсәткечләре буенча гигант планеталар Җир төркемендәге планеталардан кайсы яклары белән аерыла? 2. Гигант планеталарның үз күчәре тирәли әйләнүендә нинди үзенчәлек бар? 3*. Гигант планеталар күчәренең орбита яссылыгына авышлык почмагын һәм бу планеталарның Кояш тирәсендә әйләнү периодларын белеп, Сатурн, Уран һәм Нептунда ел фасыллары алмашынуга анализ ясап карагыз. 4*. Гигант планеталарның төзелешендә нинди үзенчәлекләр бар? 5*. Бердәй масштабта Ганимедны, Титанны, Тритонны, шулай ук Айны, Меркурийны һәм Плутонны сызымга төшерегез. Аларның зурлыгын чагыштырып, нәтиҗә ясагыз. 6. Планеталарның боҗралары нәрсәдән тора? 7. Ни өчен

Сатурнның боҗралары кайчак иң зур телескоптан да күренми? 8. Юпитер һәм Сатурн турында сезниләр беләсез? 9. Бу теманы өйрәнгән вакытта кичләрен Юпитер күренәме? Беренче җай чыгу белән бу планетаны мәктәп телескобыннан күзәтегез. Юпитерның яньчек булуы сизеләме? Күзәткән мизгелдә Галилей иярченнәре Юпитерга карата ничек урнашкан иде? 10*. «Мәктәп астрономия календаре» ннан файдаланып, Сатурн боҗраларының күренү шартларын ачыклагыз һәм, әгәр мөмкинлек булса, Сатурнны мәктәп телескобыннан күзәтеп карагыз.

## § 16. АСТЕРОИДЛАР ҺӘМ МЕТЕОРИТЛАР

**1*. Планеталарның Кояшка кадәр ераклыкларында булган закончалык һәм астероидлар поясы.** XVIII гасырда ук инде астрономнар орбитасы Марс һәм Юпитер орбиталары арасыннан үтә торган планетаны эзләп караганнар. Планеталарның Кояшка кадәр ераклыкларын астрономик берәмлекләрдә якынча хисаплап чыгарырга мөмкинлек бирә торган тигезләмә инде шул заманнарда ук билгеле булган. Бу тигезләмәне (Тициус — Боде кагыйдәсе) түбәндәгечә язарга мөмкин:

$$r = 0{,}3 \cdot 2^n + 0{,}4, \qquad (25)$$

биредә $r$ — планетаның Кояштан уртача ераклыгы (а. б. дә). (25) формуласы буенча хисаплаганда Меркурийның Кояшка кадәр ераклыгы 0,4 а. б. дип кабул итәргә кирәк ($n = -\infty$), ә башка планеталарның ераклыклары формулага $n$ның төрле кыйммәтләрен куеп табыла (0 — Венера өчен, 1 — Җир өчен, 2 — Марс өчен, 3 — фараздагы планета өчен, 4 — Юпитер өчен һ. б.).

Барлык планеталар өчен, шул исәптән Уран өчен дә, (25) формуланың канәгатьләнерлек сан бирүенә сез үзегез дә тикшереп ышана аласыз, ә Нептун белән Плутон өчен ул яраксыз. Ләкин XVIII гасырда Кояштан Уранга караганда да ераграк планеталарны әле белмәгәннәр һәм формуланы төгәл дип санаганнар. Шуңа күрә (25) формуласы нигезендә, $n = 3$ һәм $r = 2{,}8$ а. б. булган планетаны эзләү табигый тоелган. Кояш системасында андый планета юк. Ләкин XIX гасыр башланган төнне итальян астрономы *Д. Пиацци* (1746 — 1826) очраклы рәвештә беренче кече планетаны (астероидны) ачкан. Аны *Церера* дип атаганнар. Соңга таба бик күп башка кече планеталар да ачылган, алар Марс һәм Юпитер орбиталары арасында төп *астероидлар поясын* барлыкка китерәләр. Церера (диаметры 1000 км чамасы) — аларның иң зурысы.

**2. Астероидларның хәрәкәте.** Күк йөзенең озак экспозиция белән төшерелгән фоторәсемнәрендә астероидлар якты сызыклар рәвешендә килеп чыга. Меңләгән кечкенә планеталар теркәлгән. Аларның гомуми саны исә уннарча тапкыр күбрәк

булырга тиеш. Орбитадагы тәгаенләнгән астероидлар шартлы билгеләр (тәртип саннары) ала һәм аларга исем кушыла. Кайбер яңа астероидлар бөек кешеләр (Ломоносов — 1379), дәүләтләр (Эстония — 1541; Югославия — 1554), обсерваторияләр (Цинциннати — 1373; АКШ тагы обсерватория, астероидларны күзәтү буенча Халыкара үзәк) һ. б. хөрмәтенә атап йөртелә.

Астероидлар Кояш тирәсендә зур планеталар әйләнеп йөргән якка ук хәрәкәт итәләр. Аларның орбиталары эре планеталарныкына караганда зуррак эксцентриситетка ия (уртача 0,15). Шуңа күрә кайбер кечкенә планеталар астероидлар зонасы чикләреннән еракка ук чыгып хәрәкәт итәләр. Аларның кайберләре афелийда Сатурн орбитасыннан да арырак китәләр, кайберләре исә перигелийда Марска һәм Җиргә якын киләләр. Мәсәлән, 1937 елның октябрендә *Гермес* Җирдән 580 000 км ераклыкта (Айдан нибары бер ярым тапкыр гына ераграк) узды, ә 1949 елда ачылган *Икар* астероиды хәрәкәт иткәндә, хәтта Меркурий орбитасы эченә ук килеп керә һәм һәр 19 ел саен Җир белән якынлаша. Соңгы тапкыр бу 1987 елның июнендә булды. Ул вакытта Икар Җиргә берничә миллион километрга кадәр якын килде, һәм аны күп кенә обсерваторияләр күзәттеләр. Әлбәттә, бу бердәнбер очрак түгел. Әйтик, моннан 65 млн еллар элек астероидның Җир белән бәрелешүе динозаврларның һәлакәтенә китергән булуы да ихтимал. Ә 1989 елның мартында 300 м чамасы зурлыктагы астероид Җирдән 650 мең км дан да кимрәк ераклыкта узды. Шуңа күрә, галимнәрнең куркыныч тудырырдай астероидларны үз вакытында күреп алып, кирәк табылганда аларны юк итү өчен нәтиҗәле ысуллар эзләргә керешүе очраклы хәл түгел.

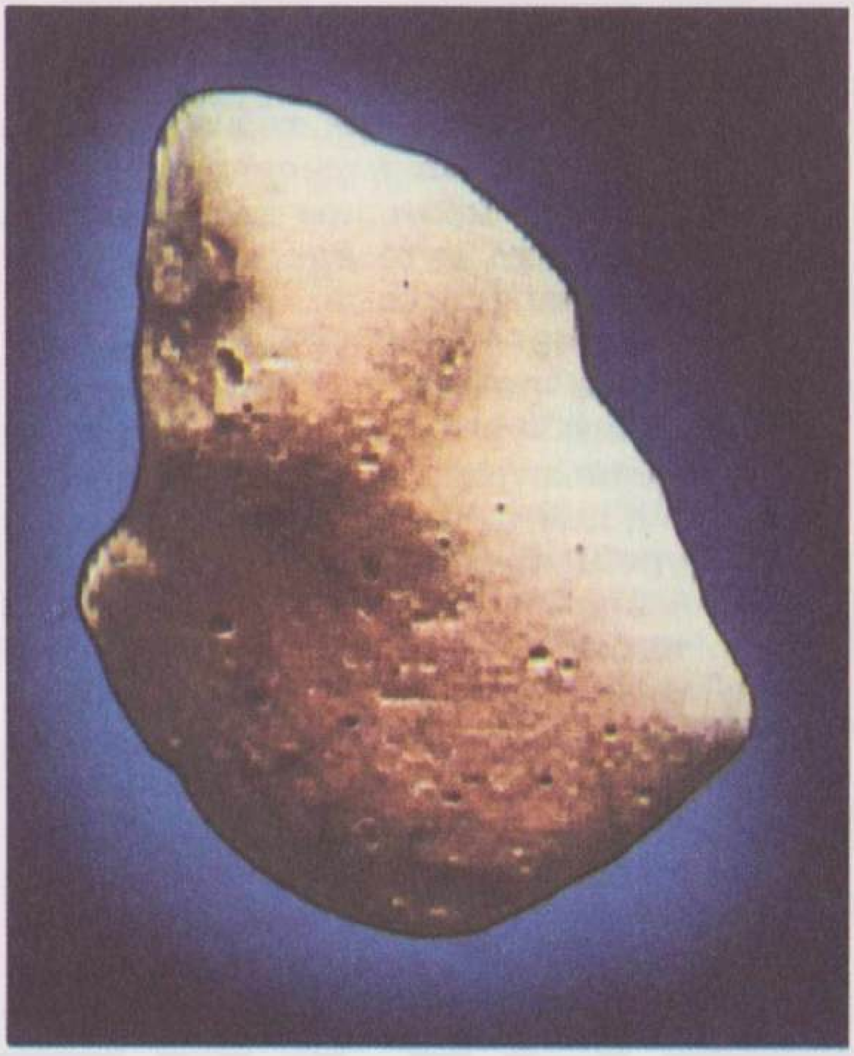
**3. Астероидларның физик характеристикасы.** Астероидларны коралсыз күз белән күреп булмый. Иң зур астероид — Церера (диаметры 1000 км). Гомумән алганда исә, астероидларның диаметры берничә километрдан алып дистәләрчә километрга җитә, шуның белән бергә, астероидларның күпчелеге — формасыз-нисез кантарлардан гыйбарәт. Астероидларның массасы бик төрле булса да, артык кечкенә һәм бу күк җисемнәре үз яннарында атмосфера тотып торырга җитәрлек түгел. Әгәр астероидларның барысын бергә җыйсаң, аларның тулай массасы Ай массасыннан 20 тапкыр кечкенәрәк булачак. Барлык астероидлардан диаметры 1500 км дан кимрәк булган бер планета чыкса чыгар иде.

Соңгы елларда кайбер астероидларның иярченнәрен (!) ачуга ирештеләр. Астероидны якыннан — нибары 16 мең генә км арадан 1991 елның 29 октябрендә беренче тапкыр фотога төшерделәр. Бу рәсем Юпитерны тикшерү өчен, 1982 елның 18 октябрендә җибәрелгән АКШ космик корабле «Галилео» бортыннан төшерелде. Астероидлар поясын кисеп үтешли, «Галилео» 951 нче кече планетаны — *Гаспра* астероидын фотога алды (рәс. 63). Бу — гадәти бер астероид. Аның орбита-

сының зур ярымкүчәре 2,21 а. б. кә тигез. Ул да төзек формалы булып чыкмады һәм, ихтимал, астероидлар зонасында эрерәк җисемнәрнең бәрелешүе нәтиҗәсендә барлыкка килгәндер. Фоторәсемнәрдә кратерлар күренә (аларның диаметры 1—2 км, астероидның Кояш яктырткан өлеше — 16 · 12 км). Рәсемнәрдә Гаспра астероиды өслегенең 60—100 м лы детальләрен аерып күрергә мөмкин. 10 елдан соң (2001 елның февралендә) космик аппарат беренче тапкыр Эрос астероиды өслегенә салмак кына төшеп утырды.

**4. Метеоритлар.** Планеталарның тартуы аркасында астероидларның орбитасы үзгәрә, һәм алар бер-берсе белән кисешергә мөмкин. Нәтиҗәдә астероидларның бәрелешүе һәм ваклануы ихтимал. Җир өстенә төшкән *таш* һәм *тимер метеоритларның* күпчелеге — астероидларның кыйпылчыклары. Мондый кыйпылчыклар Җир атмосферасында хәрәкәт иткән вакытта куәтле *бәрмә дулкын* хасил була, анда кысылган һаваның температурасы уннарча һәм йөзләрчә мең Кельвинга җитә. Һава молекулаларының таркалуы (диссоциацияләнүе) һәм аннан соң кат-кат ионлашуы нәтиҗәсендә һава плазма үзлекләренә ия булып китә.

Инде хәзер белгәнегезчә, зур метеоритлар төшеп бәрелгән урыннарында кратерлар барлыкка китерәләр. Кратерлар исә



**Рәс. 63.**
**Гаспра астероиды.**

Рәс. 64. Сихотэ-Алинь метеоритының кыйпылчыгы.

Җир төркемендәге барлык планеталарда һәм планеталарның күп кенә иярченнәрендә табылды. Җир йөзендә иң зур метеорит кратерларының берсе АКШ та, Аризона штатында. Бу түгәрәк кратерның диаметры 1200 м дан да артыграк, ә аны ясаган метеоритның массасы 200 000 т чамасы булган дип уйланыла. Хәзерге вакытта уннарча зур метеорит кратерлары мәгълүм. Аларны эзләү өчен хәзерге вакытта аэрофоторәсемгә төшерү ысулын кулланалар.

1908 елның 30 июнендә Үзәк Себер тайгасында *Тунгус* метеориты төшү вакыйгасы билгеле. Космик җисемнең очышы тәмамланган мизгелдәге шартлау 2000 кв. км дан да зуррак мәйданда урманны егып ташлый һәм урманда янгыннар, күп кенә оптик, акустик һәм сейсмик күренешләр китереп чыгара. Шартлау дулкыны Җир шарын уратып чыга. 3—4 нче июльгә кадәр гаять зур территориядә гадәттән тыш якты төннәр күзәтелә, бу вакытта вак хәрефләр белән басылган китапны да укырга була. Ләкин метеоритның үзен дә, ул төшүдән хасил булырга тиешле кратерны да таба алмадылар. Тунгус метеоритының табигате турындагы бер гипотеза белән сез 17 нче параграфта танышырсыз.

1937 елның 13 сентябрендә 14 сәг 15 мин та Татарстанның Мөслим районында Каенсаз авылы янында тулай массасы шактый зур булган метеорит яңгыры «яуды». Бу вакытта күктә төньяктан көнбатышка таба ут койрыклы якты *болид* очып үтте һәм аның артыннан тузанлы эз калды. Үз күзләре белән күргән кешеләр сүзенә караганда, болид очкан вакытта ук кисәкләргә таркала башлый. Гөрелте һәм күкрәү тавышы иң зур таш төшкән урыннан 130 километрга кадәр ераклыкта да ишетелә. Соңыннан барлыгы 15 кисәк таш табыла, аларның гомуми авырлыгы 200 килограммга җитә. Ихтимал, күктән төшкән таш кисәкләре 25 тән дә ким булмагандыр, ә авырлыклары 250—300 кг га җиткәндер. Ташларның иң эресе 102,5 кг авырлыкта. Бу таш Каенсаз авылыннан 300 м ераклыкта гына табыла. Метеорит хасил иткән бүрәнкә 70 см киңлектә, 100 см озынлыкта һәм 57 см тирәнлектә була. Каенсаз метеоритлары 40 × 7 км лы эллипссыман мәйданга таралып төшкән.

1947 елның 12 февралендә бик күп тимер кыйпылчыклары рәвешендә (метеорит яңгыры) *Сихотэ-Алин* метеориты төшкән иде. Монда уннарча тонна метеорит матдәсе җыеп алынды (рәс. 64).

Метеоритларның химик составы даими өйрәнелә. *Тимер метеоритлар*, нигездә, тимердән (91%) һәм никельдән (8,5%) торалар. *Таш метеоритларда*, Җирдәге тау токымнары кебек үк, кислород (оксиген) һәм кремний (силиций) бар, ләкин аларда магний, тимер һәм никель кебек металлар Җир кабыгындагыдан күбрәк. Кайбер таш метеоритларда углерод (карбон) табыла. Мондый метеоритларда күмер һәм графит кына түгел, бәлки углеводородлар да, шулай ук катлаулырак органик кушылмалар, шул исәптән аминокислоталар да катышкан була. Бу катлаулы матдәләр метеоритларда Кояш системасы тарихының иртәрәк баскычларында гадирәк матдәләрдән барлыкка килергә мөмкин. Метеоритларның химик төзелеше турындагы мәгълүматлар Кояш системасында төрле химик элементларның таралышы турында фикер йөртергә юл ачалар.

Җиргә килеп эләккәнгә кадәр метеоритлар озак вакытлар буена планетаара киңлекләрдә сәяхәт итәләр. Метеоритлар матдәсен тикшерү һәм аның яшен ачыклауның планеталарның яшен билгеләү һәм Кояш системасы тарихының башлангыч чорында булган шартларны өйрәнү өчен әһәмияте зур. Шуңа күрә дә метеоритлар фән өчен зур кыйммәткә ия булып торалар.

«Күк ташлары»на тәңреләр бүләге дип караган яки күктән таш төшү ихтималын катгый кире каккан заманнар (XIX гасыр башларына кадәр) күптән узды инде.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

**1*.** (25) формуласы буенча планеталарның Кояштан уртача ераклыкларын хисаплап чыгарыгыз һәм аларны IX кушымтадагы мәгълүматлар белән чагыштырыгыз. **2.** Орбиталарының зур ярымкүчәрләре 2,2 а. б. һәм 3,6 а. б. булган астероидларның Кояш тирәсендә әйләнү периодлары күпме? **3.** Икарның перигелийда һәм афелийда Кояштан ераклыкларын (0,18 һәм 1,97 а. б.) белеп, аның орбитасының эксцентриситетын хисаплап табыгыз. **4.** Астероидлар белән метеоритлар арасында бәйләнеш бармы? **5.** «Мәктәп астрономия календаре»ннан һәм йолдызлы күк йөзенең күчмә картасыннан файдаланып, бүген кич нинди йолдызлар күренүен һәм аларның берәрсендә планеталар күренәчәкме икәнлеген ачыклагыз.

## § 17. КОМЕТАЛАР ҺӘМ МЕТЕОРЛАР

**1. Кометаларның күренеше, төзелеше һәм аларны ачу.**

Зур һәм кечкенә планеталардан башка, Кояш тирәсендә кометалар да әйләнеп йөри (рәс. 65). Якты кометалар

**Рәс. 65.**
**Комета (күпләгән фоторәсемнәрнең берсе).**

(койрыклы йолдызлар) үзләренең гадәттән тыш күренешләре белән кешеләр игътибарын күптән җәлеп итеп, күбәүләрне хорафатчыл куркуга салганнар. Кояш системасындагы башка җисемнәрдән кометалар үзләренең *тышкы күренешләре* белән генә түгел, *орбиталарының формасы, үлчәмнәренең зурлыгы,* шулай ук чагыштырмача тиз, ә кайчак кискен *үзгәрешләре* белән дә нык аерылалар. Кояшка якынлашкан саен кометаларның рәвеше үзгәрә. Кояштан ерак вакытта комета йолдызлы күк йөзендә хәрәкәт итүче тонык кына томанлы тап булып күренә, әкренләп кометаның койрыгы үсә башлый, ул һәрвакыт диярлек Кояштан капма-каршы якка юнәлгән була.

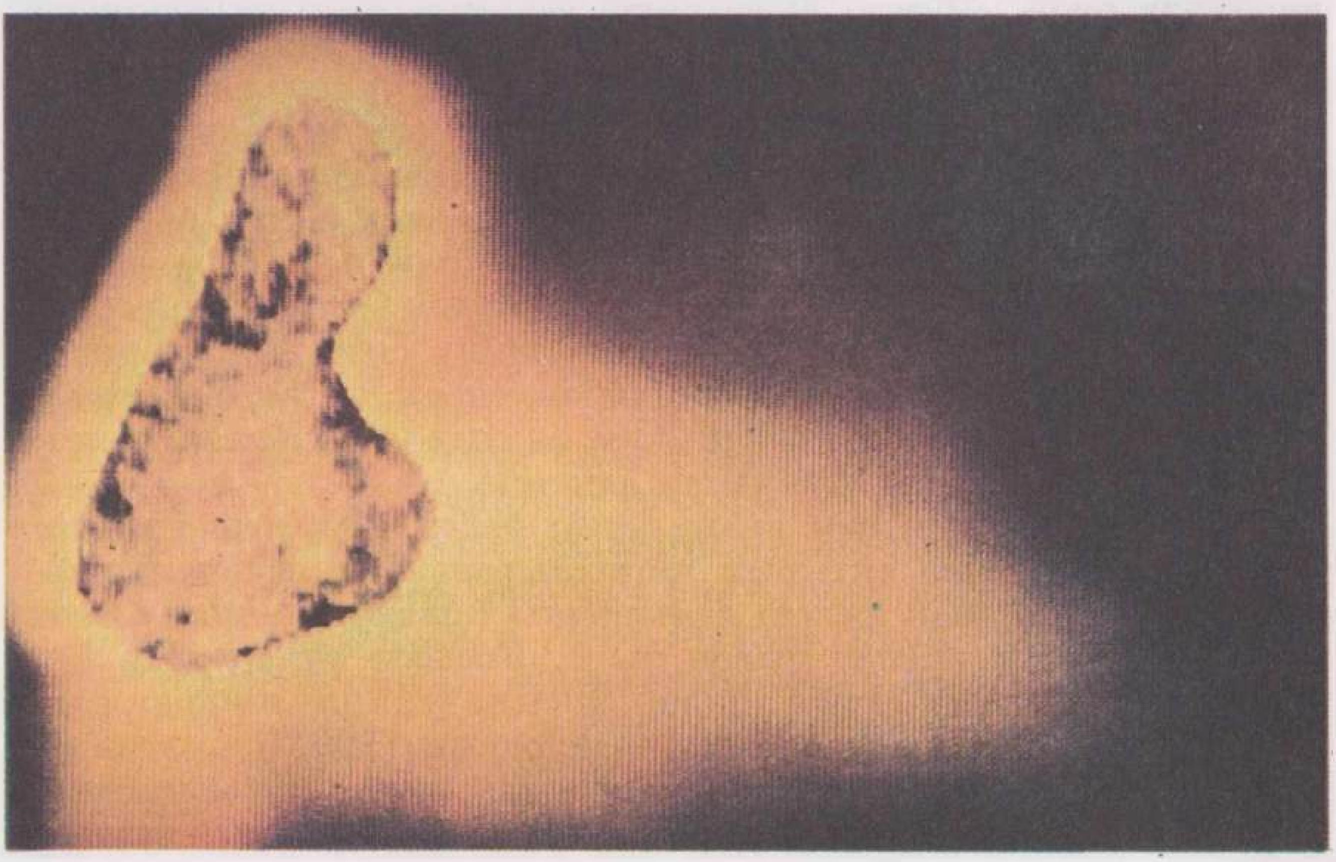
Ел саен уртача 6—8 комета ачалар. Аларның кайберләре — Кояшка чираттагы әйләнеп кайтышлары булган периодик кометалар. Фәкать иң якты кометаларны гына коралсыз күз белән күреп була. Еш кына кометаларны күк йөзен кечерәк телескоптан әледән-әле күзәткәләп торучы һәвәскәрләр ача.

Кометаның төп өлешләре: кометаның башы, төше (үзәк куермасы) һәм койрыгы. Кометаларның төше — зурлыгы ягыннан кечерәк астероид чамасында. Башының диаметры кайчак йөз меңнәрчә километрга җитә, ә койрыклары уннарча һәм йөзләрчә миллион километрга сузыла. Перигелийны узганнан соң, комета әкренләп «сүнә» һәм хәтта иң зур телескоплардан да күренми башлый.

**2. Кометаларның орбиталары.** Кометаларның орбитасын күк механикасы формулалары буенча хисаплап табу өчен, күзәтүләр юлы белән аның кимендә өч вакыт мизгелендәге экваториаль координаталарын билгеләргә кирәк. Комета Кояшка якынлашкан вакытта хисапланган башлангыч орбитага яңа күзәтүләр нигезендә төгәллек кертелә, чөнки планеталарның тартуы орбитаны үзгәртә. Хәзерге вакытта комета орбиталарын хисаплау өчен, тиз эшләүче электрон-хисаплау машиналары кулланыла.

Рәс. 66.
Галлей кометасы
(1986 ел).
◁

Рәс. 67.
Галлей кометасының
төше.
▽



Күпчелек кометаларның орбиталары — бик сузынкы эллипслардан гыйбарәт, аларның яссылыгы эклиптика яссылыгына төрле почмаклар ясап авышкан була. Шундый орбиталар буенча хәрәкәт итеп, кометалар перигелийда Кояшка (һәм Җиргә дә) якын киләләр, ә афелийда, аңардан йөз меңнәрчә астрономик берәмлеккә ераклашып, әлегә билгеле булган планеталардан иң соңгысы исәпләнгән Плутон орбитасыннан да бик еракка китәләр.

Орбита эксцентриситетлары артык зур булмаган кометаларның Кояш тирәсендә әйләнү периодлары чагыштырмача кыска. Иң кыска периодлысы — *Энке* кометасы (3,3 ел), ул инде бер ярым гасыр дәвамында күзәтеп килена. *Галлей* кометасы да Кояшка күп тапкырлар якын килде (рәс. 66), аның әйләнү периоды 76 ел чамасы. Бу кометаның перигелий аша соңгы тапкыр үтүе 1986 елның 9 февралендә булды. Галлей кометасын Җирдән торып кына түгел, бәлки махсус җибәрелгән берничә космик аппарат ярдәмендә дә яхшылап өйрәнә алдылар. «Вега-1» планетаара автомат станциясе тапшырган фоторәсемнәрдә кометаның төше яхшы күренә (рәс. 67). Ул төзек формалы түгел (күчәрләре — 14 һәм 7 км). Кояш системасының башка кечкенә җисемнәре дә (гигант планеталарның кайбер иярченнәре, кечерәк астероидлар) шарсыман күк җисемнәреннән аерылалар.

**3. Кометаларның табигате.** Планетага якынлашканда, комета хәрәкәтендә чагылган тайпылышларны күзәтеп, кометаның *массасын* чамалыйлар. Мәсәлән, Юпитер белән якынлашкан вакытта кометаның әйләнү периоды кискен рәвештә үзгәрергә мөмкин. Юпитерның әйләнү периоды исә асылда элеккечә кала. Димәк, кометаның массасы Юпитер массасыннан күп тапкырлар кечкенә. Кометаларның Җиргә якынлашулары аларның массасының югарыгы чиген тәгаенләргә мөмкинлек бирде. (Җир массасының $10^{-4}$ өлеше кадәр.)

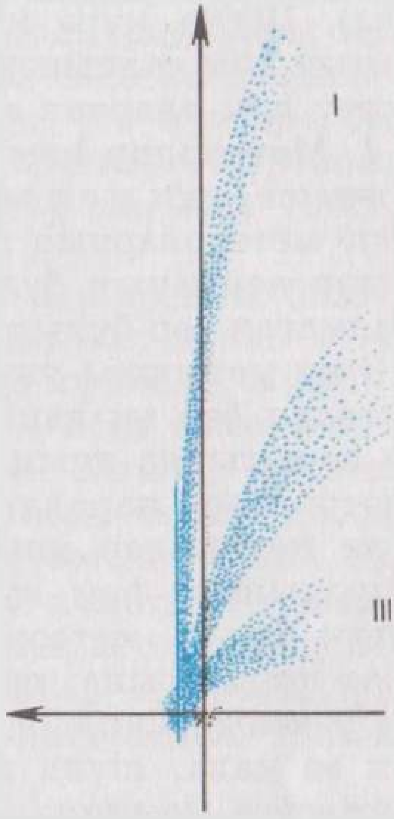
Комета матдәсе, нигездә, аның төшендә тупланган, күрәсең. Ул каты хәлгә килеп туңган газлардан (алар арасында аммиак, метан, углекислый газ, азот, циан һ. б. бар), шулай тузан бөртекләреннән, төрле зурлыктагы металл һәм таш кисәкчекләреннән тора. Төшләрнең химик составы турындагы төп мәгълүматлар комета төшләрен төреп алган газларның спектрын тикшерү юлы белән, һәм космик аппаратлар кометалар белән якынлашкан вакытта алынды.

Кометаның төше һәм аның башы белән койрыгын тәшкил иткән тузан Кояш яктысын чагылдырып һәм чәчеп яктыралар. Газның салкын килеш яктырышы *(флюоресценция)* Кояш нурланышы тәэсирендә килеп чыга. Космик аппаратлар Галлей кометасының төше белән якынайганда инфракызыл нурланышы буенча аның температурасын (100°С) билгеләргә мөмкин булды. Галимнәр бу кометаның төшен язгы кар көрте (авыр эрүчән кисәкчекләр катнашкан боз) белән чагыш-

тыралар. Галлей кометасы төшеннән тәүлек саен бик күп тузан, су пары, углерод диоксиды, атомар водород һәм атомар кислород атылып чыга. Өске катлау якынча бер тәүлек эчендә яңарып өлгерә.

Комета Кояшка якынрак килгән саен, аның төше ныграк җылына, димәк, газ белән тузан бүленеп чыгу да арта, ләкин шул ук вакытта аңа яктылык басымы да көчәя. Шуңа күрә кометаның койрыгы зурайганнан-зурая һәм торган саен ачыграк күренә башлый.

Яктылык басымыннан башка, кометаларның койрыгына Кояш чыгарган электр корылмалы кисәкчекләр агышы *(Кояш җиле)* да тәэсир итә. Бу агышларның магнит кырлары комета койрыгы составына кергән һәм аларда Кояш нурланышы тәэсирендә барлыкка килгән ионнарга зур тизләнешләр бирергә мөмкин. Кисәкчекләр хәрәкәт иткән траектория һәм, димәк, комета койрыкларының формасы гравитация (Кояшка тартылу) һәм этелү көчләренә бәйле. Зур массалы кисәкчекләрнең тартылу көчләре этелү көчләреннән зуррак. Әгәр этелү көчләре тартылу көчләреннән йөзләрчә тапкыр зуррак булса, койрык төп-төгәл диярлек Кояштан читкә таба юнәләчәк (күренекле рус астрофизигы Ф. А. Бредихин (1831—1904) классификациясе буенча I тип). Комета койрыгының бераз бөгелгән булуы этелү көчләренең тартылу көчләренә караганда уннарча тапкыр гына зуррак булуын күрсәтә (II тип). Бик нык бөгелгән койрыклар (III тип) этелү көчләре тартылу көчләре белән бер чама булган вакытта барлыкка киләләр. Тартылу көчләре этелү көчләреннән зуррак булган очракта (бик эре тузан бөртекләре) гадәттән тыш (аномаль) койрыклар хасил була, алар Кояшка таба юнәләләр. Комета койрыкларының төрле типлары 68 нче рәсемдә схема рәвешендә күрсәтелгән.



**Рәс. 68. Комета койрыкларының төп төрләре.**

Хәзерге вакытта кометалар планетаара киңлекләрне «капшап йөрүче» үзенә бертөрле зонд ролен уйныйлар һәм Кояштан төрле ераклыкларда космик фәзаның үзлекләре турында кыйммәтле мәгълүмат җыярга мөмкинлек бирәләр.

Җирнең 1910 елдагы кебек комета төше белән бәрелешүе (ә кометаның койрыгы аша үтүен әйтәсе дә юк инде) безнең планетаның һәлакәтенә китерә алмый. Бер гипотеза буенча, Тунгус метеориты нәкъ менә Җир белән бәрелешкән кечерәк кометаның төше булган, ә 1994 елның июлендә бер комета Юпитер белән бәрелешкән иде (Шумейкеров — Леви 9 коме-

тасы). Шуңа күрә комета куркынычлыгына әһәмият бирми ярамый һәм галимнәр хәзер аларның куркынычлы якынаюына кисәтү һәм алардан саклану программаларын эшлиләр.

**4. Метеорлар һәм болидлар.** Аяз төннәрне «йолдыз атылу» күренеше, яки метеорлар, безнең игътибарны еш җәлеп итә. Гәрчә метеорларның йолдызларга бер катнашы да юк икәнлеге күптән аермачык булса да, аларның табигате гасырлар буена ачылмаган сер булып кала килде.

Әгәр метеорны уннарча километр ераклыкта урнашкан ике ноктадан бер үк вакытта фотога алсалар яки визуаль күзәтүләр вакытында аның юлын йолдызлар картасына төшерсәләр, күзәтүчеләр, параллактик тайпылыш аркасында, метеорның төрле йолдызлар янында булуын теркәячәкләр. Параллактик тайпылышны һәм күзәтү ноктaлары арасындагы ераклыкны белгән хәлдә, метеорның биеклеген табу бик ансат. Фотоаппарат каршысына, тигез тизлектә әйләнеп, объективны периодик рәвештә каплый торган сектор куелса, фоторәсемдә өзек-өзек эз кала, шуңа карап, хәрәкәт итүче җисемнең тизлеген билгеләргә мөмкин. *Метеор — кечерәк кенә* (борчак кадәрле) *космик җисемнең кабынышы* ул. Метеор җисем дип атала торган бу космик җисем Җир атмосферасына 11 дән алып 73 км/с ка кадәр тизлектә очып керә. Кабыну биеклеге (12 дән алып 80 км га кадәр) метеор җисемнең массасына һәм тизлегенә бәйле. Массасы һәм тизлеге зуррак булган саен, метеор яктырак була.

Зур массалы метеор җисемнәрнең килеп керүе үтә якты метеор кебек (болидлар) күзәтелә, еш кына алар якты чәчеп торган койрыклы ут шары рәвешен алалар. Кайбер болидлар хәтта көндез дә күзәтелергә мөмкин.

Метеор җисем Җир атмосферасында хәрәкәт иткәндә ниләр була соң? Һава молекулалары белән тәэсир итешеп, метеор җисем үзенең тизлеген югалта, кыза, парга әйләнә башлый, кайчак таркала да. Аның тирәсендә кызган газ болыты хасил була. Шушы процесслар нәтиҗәсендә метеор җисемнең массасы өзлексез кими; барлык метеор җисемнәр дә диярлек Җиргә килеп җиткәнче үк тузанга әйләнәләр. Җир атмосферасында очып барганда метеор җисем һава молекулаларын ионлаштыра һәм үз артында якты эз калдыра. Метеорның ионлашкан эзеннән радиодулкыннар яхшы кайтарыла. Шуның аркасында метеорларны визуаль һәм фотога төшерү юллары белән генә түгел, бәлки радиолокация ысулы белән дә күзәтергә мөмкин була.

**5. Метеор агышлары.** Ел саен бер үк төннәрне (мәсәлән, 12 нче август төнендә) метеорларны аеруча күп күзәтергә мөмкин. Әгәр шул вакытта метеорларның күренмә юлларын йолдызлар картасына төшерсәң, күк йөзендә метеорлар очып чыккандай тоелган кечерәк кенә өлкәне табу кыен түгел. Аны радиант дип атыйлар. Әйтик, август метеорларының радианты *Персей* йолдызлыгында урнашкан *(Персеидлар дип аталган*

*метеор агышы). Леонидлар* дип аталган метеор яңгыры бик күптәннән билгеле (бу метеорлар агышының радианты *Арыслан* йолдызлыгында). Леонидлар һәр 33 ел саен кабатлана.

1833 елгы яңгыр аеруча көчле булган. Үз күзләре белән күргән кешеләр аны «кар бураны» на тиңләгәннәр. Астрономнар алдан ук әйтеп куйганча, көчле Леонидлар яңгыры 1966 елның ноябрендә күзәтелде.

Метеор агышлары (ә хәзер аларның 30 дан артыгы билгеле) Җир бер үк дип әйтерлек орбита буенча хәрәкәт иткән *метеор җисемнәр өере* белән очрашкан вакытларда күзәтелә. Күзәтүләр күрсәткәнчә, метеор өерләре инде таркалган, иске кометаларның орбиталары буенча әйләнеп йөриләр икән. Димәк, кометалар таркалып, метеор өерләре тудыралар булып чыга. Мәсәлән, 16 октябрьдән алып 26 октябрьгә кадәр күзәтелә торган *Орионидлар* дип аталган метеор агышын Галлей кометасы тудырган.

Кометаларның метеорлар белән генә түгел, астероидлар белән дә бәйләнеше бар. Соңгы вакытларда кайбер астероидларның элекке кыска периодлы кометаларның төшләреннән гыйбарәт булуын исбат итә алдылар.

Астрономиянең яшь һәвәскәрләре метеорларны күзәтү белән уңышлы шөгыльләнәләр. Мәктәп астрономия түгәрәкләре һәм җәмгыятьләре метеорларның юлларын йолдызлы карталарда күрсәтәләр, метеоритларны фотога төшерәләр, биеклек һәм тизлекләрен билгелиләр, агыштагы метеорларны саныйлар, метеорларның спектрын фоторәсемгә төшерәләр, метеорларның физик үзенчәлекләрен тикшерәләр. Шундый һәм кайбер башка мәсьәләләрне хәл итеп, астрономия һәвәскәрләре галимнәргә Галәм киңлегендә метеор матдәсенең бүленешен һәм Җир атмосферасында һава хәрәкәтен өйрәнергә ярдәм итәләр.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

**1.** Афелийда Кояштан 4000 а. б. кадәр ераклыкта булган кометаның әйләнеп йөрү периоды ни чама булыр? **2.** Кометаларның Кояш системасындагы сезгә билгеле булган күк җисемнәре белән охшашлыгы һәм аермасы нәрсәдә? **3.** Кометаларның метеорлар һәм астероидлар белән бәйләнеше нинди? **4.** «Метеор», «метеорит», «болид» дигән төшенчәләрнең физик мәгънәсен аңлатып бирегез. **5.** Метеорларның «атылган йолдыз» булуы турындагы фикернең ялгыш икәнлеген аңлатыгыз. **6.** Кайчак күзәтелә торган метеор яңгырлары ничек барлыкка килә? **7.** Метеор агышының радианты нәрсә ул? Сез моны ничек дип аңладыгыз? **8.** Кояш системасындагы кайсы күк җисемнәренә космик аппаратларның якын килгәне бар?

### «Кояш системасындагы җисемнәрнең физик табигате» темасын өйрәнгәч, нәрсәләр белергә кирәк

**1.** Планеталар системасы — тәртипле хәрәкәт итүләре белән генә түгел, бәлки физик үзлекләренең охшашлыгы белән дә берләшкән күк җисемнәре комплексы ул. Җирне

һәм башка планеталарны чагыштырып өйрәнү үзебез яши торган планета турындагы белемнәребезне баета.

2. Планеталарның нинди әһәмиятле характеристикалары буенча ике төп төркемгә бүленүен, аларның атмосферасы нәрсәдән гыйбарәт булуын, аларның өслеге һәм эчке төзелеше турындагы мәгълүматларны, космик техника ярдәмендә планеталар һәм аларның иярченнәре турында нинди мәгълүматлар алынганлыгын белү файдалы.

3. Ай — Җирнең иярчене һәм аңа иң якын торган күк җисеме. Планеталарның башка иярченнәре кебек үк, Ай да үзенең табигате буенча Җир төркеме планеталарына тартым. Җир белән Айның физик табигатьләрендәге охшашлыкларны, аермаларның сәбәпләрен һәм шулай ук «Җир — Ай» системасының төп үзенчәлекләрен ачыклагыз.

4. Астероидлар, кометалар, метеор җисемнәр һәм метеоритлар Кояш системасындагы кече җисемнәр комплексын тәшкил итә. Бу күк җисемнәренең табигатен, аларның кайсы яктан охшаш һәм кайсы яктан аермалы булуларын белергә кирәк.

**«Кояш системасындагы җисемнәрнең физик табигате» темасын өйрәнгәч, нәрсәләр эшли белергә кирәк**

1. Түбәндәгеләрне аңлатып бирегез: а) Җирдә һәм башка планеталарда ел фасыллары алмашынуын; б) Ай фазалары алмашынуын; в) ни өчен Җирдән Айның бер ягы гына күренүен; г) Кояш һәм Ай тотылуларның ничек булуын.

2. Планеталарның массаларын һәм үлчәмнәрен белеп, аларның уртача тыгызлыгын хисаплап таба белү.

3. Җир, Ай һәм планеталар турындагы иң мөһим мәгълүматлар тупланган таблицалар белән эш итү.

4. Айны һәм планеталарны күзәтү өчен, мәктәп телескобыннан файдалана белү.

5*. Айда Давыллар океанын, Яңгырлар диңгезен, Тихо һәм Коперник кратерларын таба белү.

6. Планеталардагы төрле-төрле шартларны анализлауга таянып, Кояш системасы чикләрендә тереклек булу ихтималы турында нәтиҗә ясый белү.

7. Фәнни мәгълүматларга таянып, Айга, Кояш һәм Ай тотылуларга, кометалар һәм метеорлар күренүгә бәйле хорафатларны кире кага белү.

8. Тема буенча материалдан файдаланып, табигать күренешләре арасындагы бәйләнешләргә һәм безне чолгап алган дөньяны танып белү мөмкин икәнлегенә мисаллар китерегез.

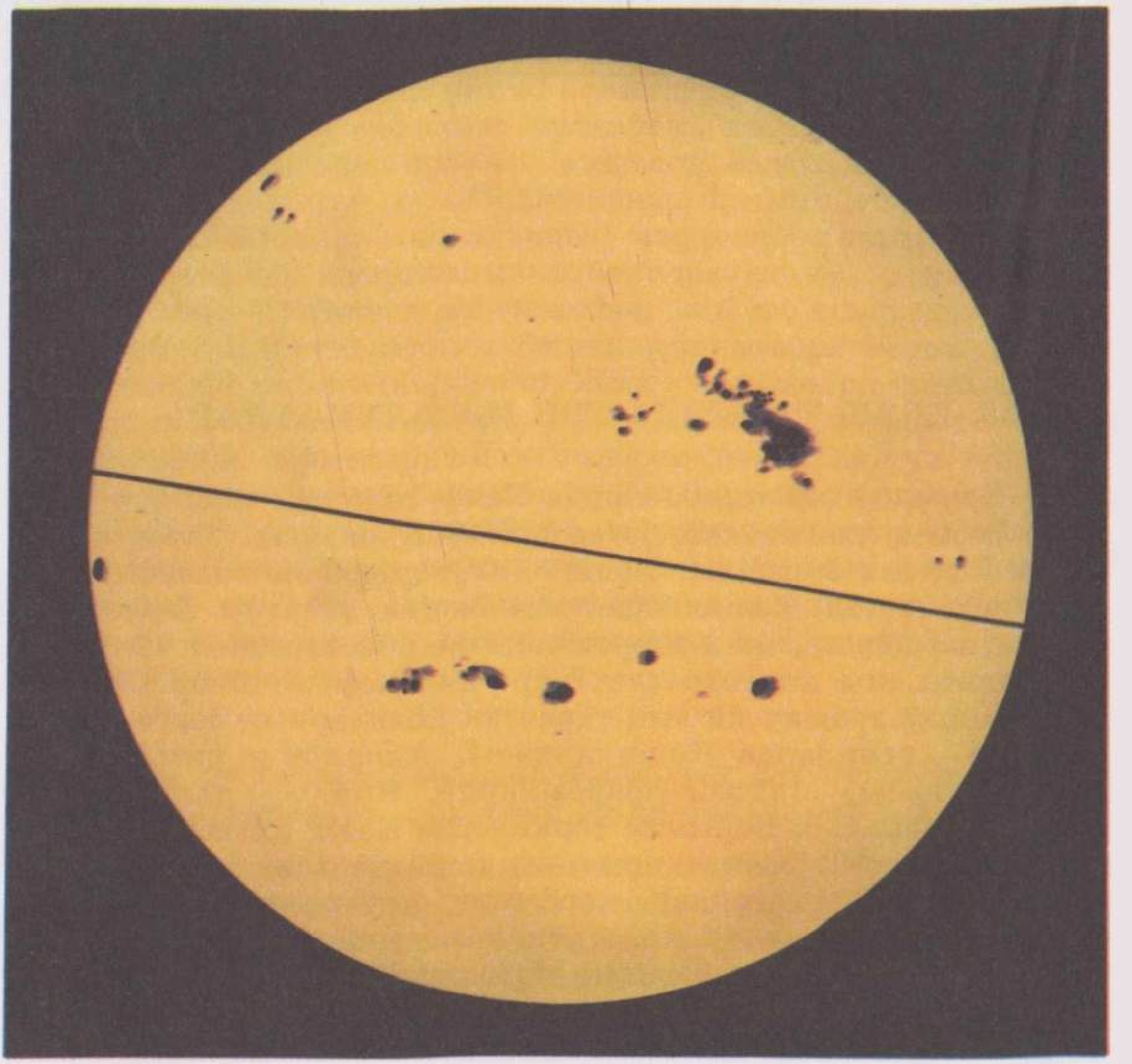
# IV. КОЯШ ҺӘМ ЙОЛДЫЗЛАР

## § 18. КОЯШ ТУРЫНДА ТӨП МӘГЪЛҮМАТЛАР

**1. Кереш.** Җир тормышында Кояш гадәттән тыш зур урын тота. Безнең планетаның бөтен органик дөньясы үзенең яшәве белән Кояшка бурычлы. Кояш — яктылык һәм җылылык бирүче генә түгел, бәлки күп кенә башка энергия төрләренең (нефть, күмер, су, җил энергияләренең) дә беренчел чыганагы ул. Электә аны иң кодрәтле Тәңре дип исәпләгәннәр. Җиңелмәс Кояшка табыну иң киң таралган йолаларның берсе булган (Һелиос — грекларда Кояш алласы, Аполлон — римлыларда Кояш алласы, Митра — фарсыларда, Ярило — славяннарда Кояш алласы һ. б. Борынгы төркиләрдә Кояш алласы Көн тәңре дип аталган). Кояш хөрмәтенә гыйбадәтханәләр салынган, аңа мәдхия җырлаганнар, корбаннар китергәннәр. «Көн чырасы» Кояшка табыну инде үткән заманнарда калды. Хәзер галимнәр Кояшның табигатен өйрәнәләр, аның Җиргә йогынтысын ачыклыйлар, практик яктан бетмәс-төкәнмәс Кояш энергиясен куллану мәсьәләсен хәл итү өстендә эшлиләр.

Кояш — безнең йолдызыбыз ул. Кояшны өйрәнеп, без башка йолдызларда бара торган һәм безне йолдызлардан аерып торган ифрат зур ераклыклар аркасында турыдан-туры күзәтеп булмаган күп кенә күренешләр һәм процесслар турында беләбез.

**2. Кояшның телескоптан күренеше** (рәс. 69). Кояшны күзәтү бик сак булуны сорый. *Күзне бик куе (караңгы төстәге) яктылык фильтры белән сакламаган килеш Кояшка карарга ярамый! Ләкин хәтта яктылык фильтры аша да мәктәп телескобыннан Кояшка туры карарга киңәш ителми.* Телескопның окулярлы очына ак төстәге кәгазь куеп, Кояшның экрандагы сурәтен карау әйбәтрәк. Бу исә Кояшта караңгы тапларны (К о я ш   т а п л а р ы н) һәм Кояш дискының читендәрәк, таплар тирәсендә аеруча якты өлешләрне (ф а к е л л а р н ы) күрергә мөмкинлек бирә. Хәзерге заман обсерваторияләрендә Кояшны күзәтү өчен махсус конструкцияле телескоплар — К о я ш   т е л е с к о п л а р ы кулланыла. Мәсәлән, Кырымдагы астрофизика обсерваториясе шундый телескоп белән җиһазланган (рәс. 70).



**Рәс. 69. Кояшның таплары бик күп булган вакыттагы күренеше (1989 ел, 16 июнь).**

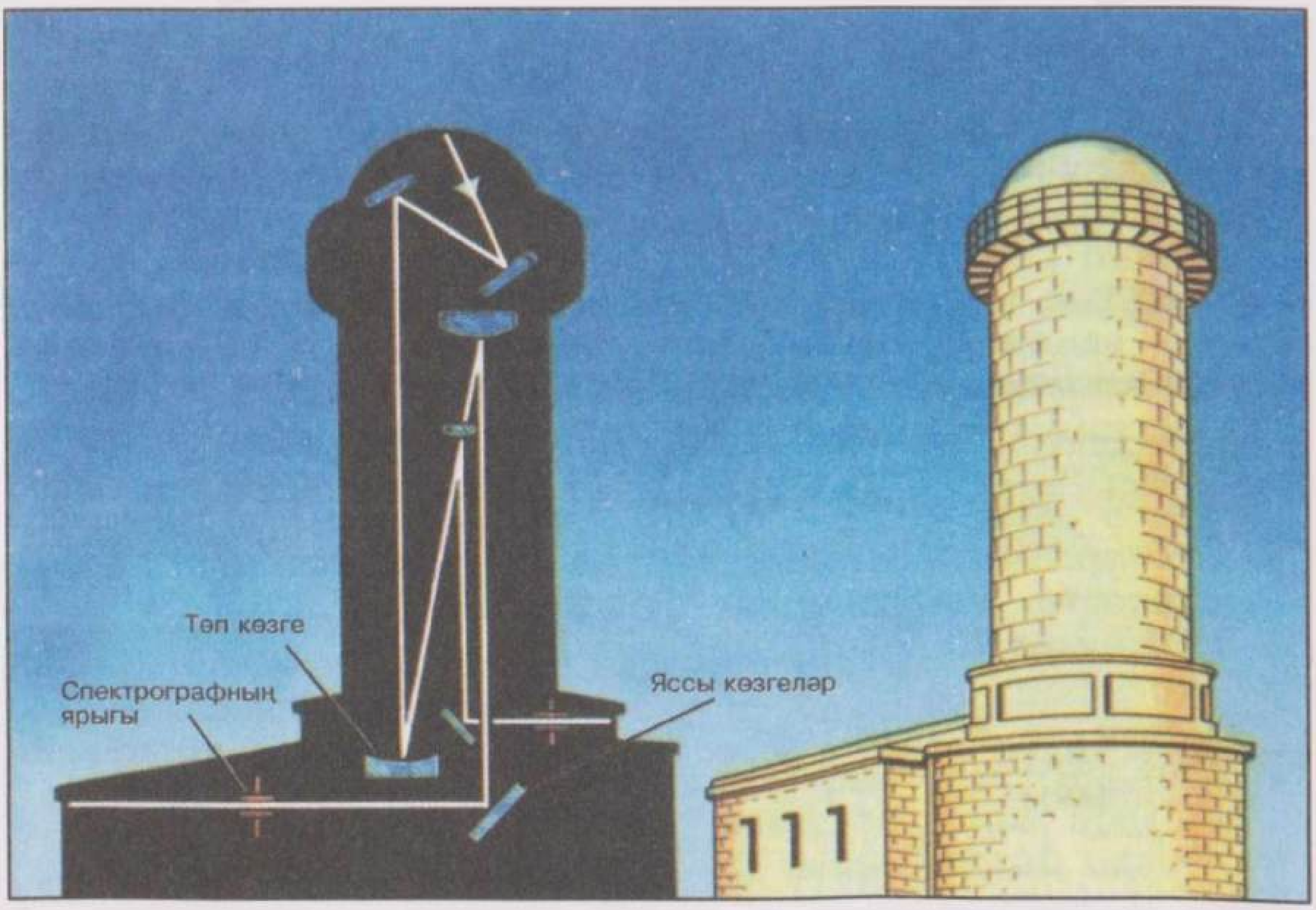
**3. Кояшның үз күчәре тирәли әйләнеше.** Әгәр Кояшның бер-бер артлы төшерелгән берничә фоторәсемен чагыштырып карасаң, дисктагы барлык тапларның да урыны ничек үзгәргәнен күрергә мөмкин. Бу күренеш Кояшның әйләнүе сәбәпле килеп чыга. *Кояш каты җисем кебек әйләнми.* Кояш экваторы тирәсендә урнашкан таплар урта киңлектә урнашкан тапларны куып узалар. Димәк, Кояштагы төрле зоналарның әйләнү тизлеге төрлечә икән. Экваторга якын өлкәләр Кояшның күчәре тирәли 25 Җир тәүлеге эчендә, ә Кояшның полюсы тирәсендәге өлкәләр якынча 30 тәүлек эчендә әйләнеп чыгалар. Кояшның экватордагы сызыкча әйләнү тизлеге 2 км/с тәшкил итә. Күзәтүләрдән күренгәнчә, барлык таплар да көнчыгыш кырыйдан көнбатышка таба күчәләр. Димәк, *Кояш үзе тирәсендәге планеталар нинди юнәлештә хәрәкәт итсәләр, үз күчәре тирәсендә дә шул ук юнәлештә әйләнә икән.*

**4. Кояшның үлчәмнәре, массасы һәм яктыртучанлыгы.** Кояшның радиусы Җир радиусыннан 109 тапкыр, ә күләме Җирнекеннән 1 300 000 тапкырга артык. Кояшның массасы да бик зур. Ул Җир массасыннан чама белән 330 000 тапкыр һәм үзе тирәли әйләнеп йөрүче планеталарның гомуми массасыннан 750 тапкыр диярлек зуррак.

Җир Кояштан ала торган энергия К о я ш  к о н с т а н т а с ы дигән зурлык белән характерлана. *Җир атмосферасыннан читтә, Җирдән Кояшка кадәр уртача ераклыкта, Кояш нурларына перпендикуляр урнашкан 1 м$^2$ өслеккә 1 с эчендә төшүче тулы энергия белән билгеләнгән зурлык Кояш константасы дип атала.*

Кояш константасын үлчәү өчен, биек тауда урнашкан станцияләрдә махсус савытларга салынган суның Кояш нурларыннан җылына торган каралтылган металл дисктан күпме җылы алуын билгелиләр. Күзгә күренә торган инфракызыл һәм ультрамиләүшә нурланышларның Җир атмосферасында йотылуын исәпкә алып, бик җентекле үлчәүләр нәтиҗәсендә, Кояш константасының 1400 Вт/м$^2$ ка тигез булуын тапканнар (аның төгәлрәк кыйммәте беразга кимрәк).

Кояш константасын үлчәү эшләре күп еллар буена алып барыла. Кояш константасының кыйммәте гамәли яктан үзгәрми икән. Димәк, вакыт берәмлеге эчендә Кояш тараткан тулы




**Рәс. 70. Кырым астрофизика обсерваториясенең Кояш телескобы.**

энергия даими булып чыга. Әгәр Кояш константасын радиусы Җирнең Кояштан уртача ераклыгына тигез булган сфера мәйданына тапкырласаң, вакыт берәмлеге эчендә Кояш нурландырып чыгарган гомуми энергия ($L_{\odot}$) килеп чыга. $L_{\odot}$ — Кояшның яктыртучанлыгы (яки аның нурланыш егәрлеге):

$$L_{\odot} \approx 4 \cdot 10^{26}\ \text{Вт}.$$

**5. Кояшның температурасы һәм Кояш матдәсенең халәте.** Кояш матдәсенең нинди хәлдә булуын ачыклау өчен, иң элек Кояшның температурасын белергә кирәк. Кояшның температурасын билгеләүдә төрле ысуллар бар, *алар барысы да Җирдә ачылган һәм Галәмнең безнең күз җиткән барлык өлкәләрендә гамәлдә булган физик законнарга нигезләнәләр.* Кояшның температурасын билгеләү ысулларының берсе түбәндәгедән гыйбарәт. Без Кояшның яктыртучанлыгын ($L_{\odot}$) беләбез. Кояшның радиусы ($R_{\odot}$) да билгеле, димәк, Кояшның безгә күренә торган өслеге дә мәгълүм: $4\pi R_{\odot}^2$. Моны белеп, Кояш өслегендә бер берәмлек кадәр мәйданның вакыт берәмлеге эчендә күпме энергия таратуын хисаплап табыйк. Шунысы аермачык:

$$\varepsilon = \frac{L_{\odot}}{4\pi R_{\odot}^2}\,. \tag{26}$$

Икенче яктан караганда, вакыт берәмлеге эчендә мәйдан берәмлегенең нурланыш энергиясе абсолют температураның дүртенче дәрәҗәсенә пропорциональ:

$$\varepsilon = \sigma T^4. \tag{27}$$

*(Стефан—Больцман законы)*, биредә $\sigma$ — пропорциональлек коэффициенты, ул $5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м$^2$ · К$^4$) кә тигез.

(26) һәм (27) формулаларыннан

$$\sigma T^4 = \frac{L_{\odot}}{4\pi R_{\odot}^2}, \tag{28}$$

икәнлеге килеп чыга.

Ул вакытта:

$$T = \sqrt[4]{\frac{L_{\odot}}{4\pi R_{\odot}^2 \sigma}}\,. \tag{28'}$$

(28′) формуласына кергән зурлыклар урынына санлы кыйммәтләрне куеп чыккач, табабыз: T = 6000 K. Мондый ысул белән табылган температураны эффектив температура дип атыйлар.

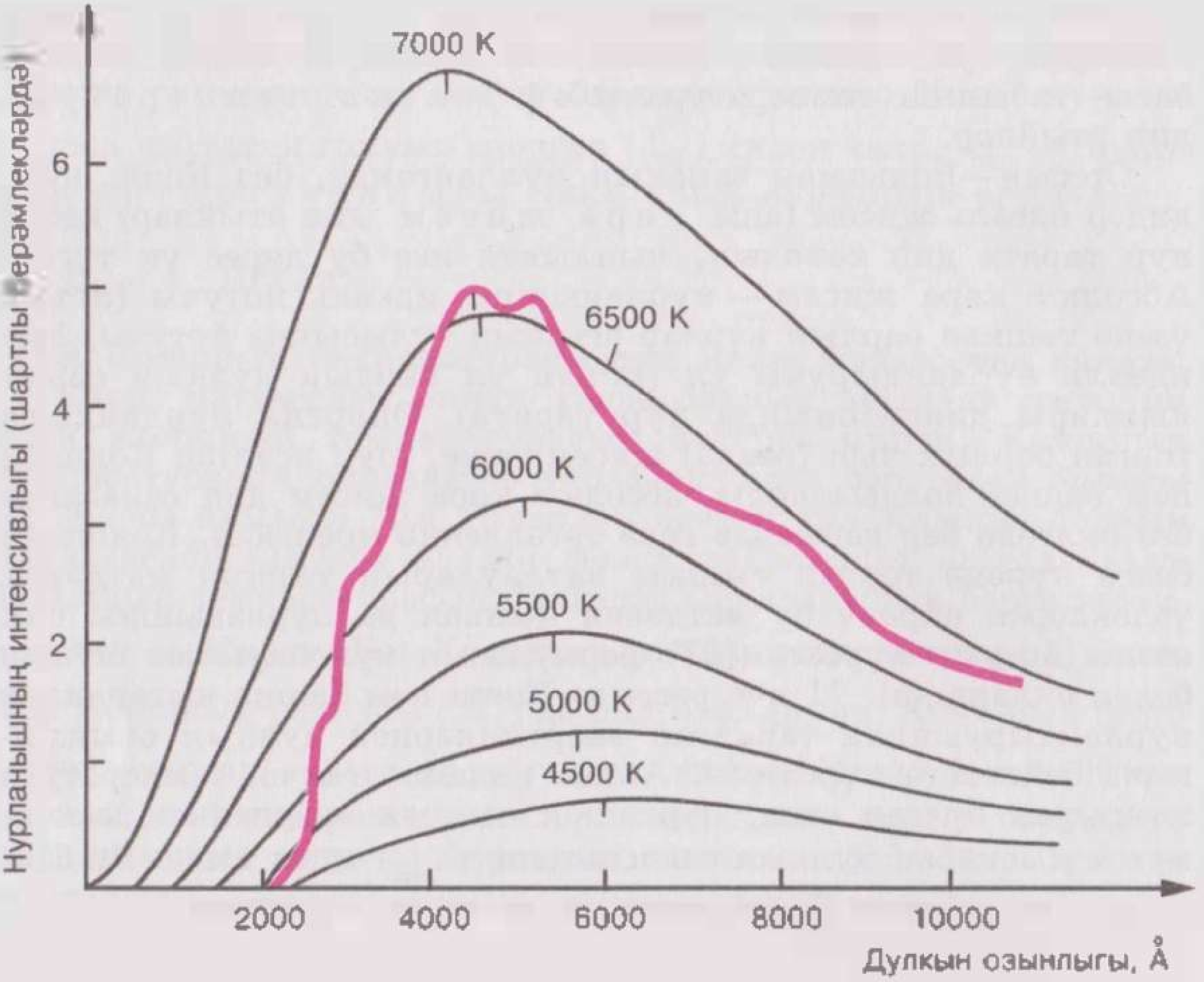
Стефан—Больцман законын кулланганда, без Кояш ниндидер идеаль җисем (аны кара җисем дип атыйлар) кебек нур тарата дип санадык, чынлыкта исә бу дөрес үк түгел. Абсолют кара җисем — нурланышны идеаль йотучы (ягъни үзенә төшкән барлык нурлар агышын тулысынча йотучы) һәм идеаль нурландыручы ул (ягъни ул барлык дулкын озынлыклары диапазонында нур тарата). Энергия нурландыра торган барлык чын (реаль) җисемнәрне, шул исәптән Кояшны һәм башка йолдызларны, абсолют кара җисем дип санаганда без билгеле бер дәрәҗәдә генә төгәллеккә ирешәбез. Кояшның безгә күренә торган тышкы катлауларын төзегән матдәнең үзлекләрен өйрәнү бу матдәнең чыннан да нурланышны бик яхшы йотуын күрсәтә ((27) формуласын куллануыбыз шуның белән аклана да). 71 нче рәсемдә Кояш һәм башка чыганаклар нурландыруыннан таралган энергияләрнең дулкын озынлыгына бәйлелеге күрсәтелә. Аннан аңлашылганча, температура югарырак булган саен, нурланып чыккан энергиянең максимумы кыскарак дулкын озынлыгына ($\lambda_{max}$) туры килә. Бу бәйлелек *Вин законы* формуласында төгәлрәк күрсәтелә:

$$\lambda_{max} = \frac{0,29}{T}, \qquad (29)$$

биредә $\lambda$ — дулкын озынлыгы, метрларда; $T$ — абсолют температура, Кельвин берәмлекләрендә. Кояш нурланышының максимумы $\lambda_{max} = 4,7 \cdot 10^{-7}$ см га туры килә (Кояшның сары төсе әнә шуннан килә).

Кояш матдәсе 6000 K лы температурада газ хәлендә була, шул ук вакытта кайбер химик элементларның атомнары ионлашкан булалар. Тирәнрәк кергән саен, температура күтәрелә бара (Кояшның үзәгендә $1,5 \cdot 10^7$ K га җитә), шуның белән бергә, ионлашкан атомнар саны да арта. Шуңа күрә Кояштагы матдә булган төп халәт — плазма, ягъни *Кояш — кызган плазма шар* ул.

**6. Кояшның химик составы.** Хәтта әле узган гасырда да кайбер галимнәр Кояшның нәрсәдән торуын без беркайчан да белә алмаячакбыз дип исәпләгәннәр. Ләкин Кояшны спектраль анализ ысулы кулланып тикшерә башлагач, бу фикер кире кагылды. Кояшның спектры — күп санлы нәзек кенә йотылу сызыклары (аларны беренче тапкыр 1814 елда күзәткән немец оптигы *Й. Фраунгофер* (1787—1826) хөрмәтенә Фраунгофер сызыклары дип атыйлар) белән кискәләнгән тоташ спектрдан гыйбарәт.




**Рәс. 71. Кояшның һәм төрле температурадагы абсолют кара җисемнәрнең спектрында энергия бүленеше.**

Кояш спектрындагы сызыкларны лабораториядә өйрәнелә торган химик элементлар спектрындагы сызыклар белән чагыштырып, Кояш атмосферасының составын билгеләргә мөмкин була. Кояшта *70 тән артык химик элемент* табылды. Анда Җиргә ят булган бер генә химик элемент та юк. Кояшта иң күп таралган элементлар — водород (Кояшның бөтен массасының 70% ы) һәм гелий (28% тан артык). Гелий («Кояш газы») беренче тапкыр Кояшта ачыла һәм 30 ел диярлек вакыт үткәч кенә аны Җирдә дә табалар.

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Кояш диаметры Җир диаметрыннан ничә тапкыр зуррак? Ә массасы ничә тапкыр? 2. Кояшның уртача тыгызлыгын хисаплап табыгыз һәм килеп чыккан нәтиҗәгезне таблицадагы (VI кушымта) мәгълүмат белән, шулай ук Җир һәм Юпитер тыгызлыгы белән чагыштырыгыз. 3. Үлчәмнәре һәм массалары ягыннан Кояшны, Юпитерны һәм Җирне чагышты-

рыгыз, бу күк җисемнәрен масштабта сурәтләп күрсәтегез. **4.** Кояшның үз күчәре тирәли әйләнешендә нинди үзенчәлек бар? **5*.** Кояшның экваторы тирәсендә барлыкка килгән таплар тулы әйләнешне (Җирдәге күзәтүчегә карата) 27 тәүлек эчендә ясыйлар, ә бу Кояштагы экваториаль өлкәләрнең әйләнү периодыннан 2 тәүлеккә диярлек күбрәк. Бу күренешне ничек аңлатырга? **6.** Кояшта кайсы химик элементлар аеруча күп таралган? **7.** Физика, химия курсларында алган белемнәрегезгә таянып, гелийның түбән температуралар физикасында, атом төзелешен өйрәнүдә нинди роль уйнаганын, шулай ук хәзер гелийның кайда кулланылуын исегезгә төшерегез. **8.** Нәрсә ул «Кояш константасы»? **9.** Кояшның эффектив температурасы күпме һәм аны ничек билгеләргә? **10.** Кояштагы матдә нинди физик халәттә була? Мондый халәттәге матдәнең үзлекләре һәм аның таралышы турында сез ниләр беләсез?

## § 19. КОЯШ АТМОСФЕРАСЫНЫҢ ТӨЗЕЛЕШЕ

Кояш атмосферасын шартлы рәвештә төп өч катлауга бүлеп карыйлар, болар: фотосфера (иң түбәнге катлау), хромосфера һәм таҗ.

**1. Фотосфера.** Кояшның турыдан-туры күзәтеп була торган яктыручы «өслеге» фотосфера дип атала. Әлбәттә инде, Кояшның гадәти мәгънәдә «өслек» дип әйтерлек бернинди дә «өсйөзе» юк. Чынлыкта фотосфера Кояш атмосферасының 300—400 км калынлыктагы түбәнге катлавыннан гыйбарәт. Безгә килә торган барлык дип әйтерлек Кояш энергиясен нәкъ менә шушы катлау нурландыра, чөнки, фотосфера матдәсе үтә күренмәгәнлектән, Кояшның тирәнрәк катлауларыннан нурланыш безгә инде килеп җитми һәм ул катлауларны күреп булмый. Фотосфераның тыгызлыгы $10^{-4}$ кг/м$^3$ тан артык түгел, ә фотосферада күпчелек тәшкил иткән водород атомнары саны 1 см$^3$ га $10^{17}$ нән артмый. Фотосферада температура тирәнлек арткан саен күтәрелә, уртача алганда ул 6000 К га якын.

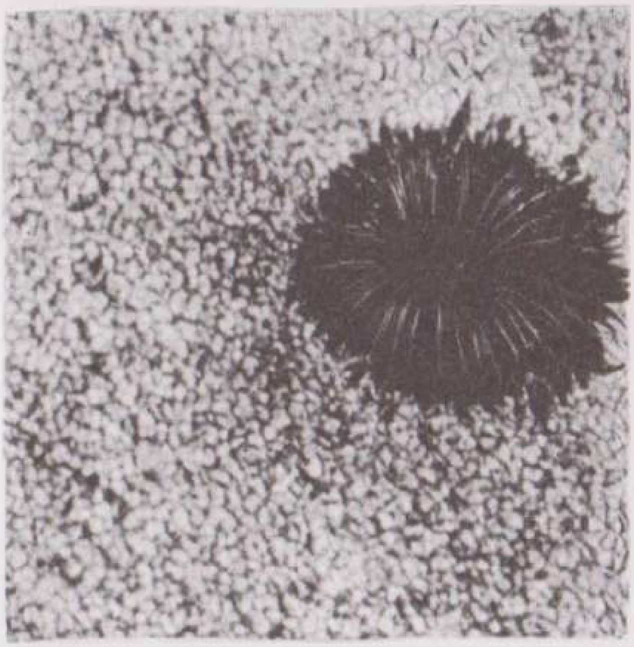
72 нче рәсемдә фотосфераның бер өлкәсе күрсәтелгән, аны стратосферага күтәрелгән телескоп ярдәмендә фотога төшергәннәр. Анда зур Кояш табы һәм күпләгән бөртекләр (гранулалар) күренә. Гранулалар яктырак һәм, димәк, фотосфераның тапны әйләндереп алган өлешләренә караганда *эссерәк тә*. Гранулалар бердәй зурлыкта түгел, аларның зурлыгы уртача берничә йөз километр тәшкил итә. Аерым гранулаларның яшәү вакыты 8 мин чамасы. Берөзлексез барлыкка килеп һәм юкка чыгып торган гранулалар фотосфераны төзегән матдәнең хәрәкәтчән булуы турында сөйли. Фотосфераның үзендә һәм аның астындагы катлауларда хәрәкәтнең бер төре — матдәнең вертикаль буенча өскә күтәрелүе һәм түбәнгә төшүе. Мондый тирбәнү хәрәкәте *конвекция* белән бәйләнгән: билгеле бер тирәнлектән (чама белән Кояш радиу-

сының 0,3 өлешеннән) башлап, Кояш матдәсе төптән җылытыла торган савыттагы су кебек, аралашып-тугланып тора. Гранулалар — фотосферага үтеп кергән конвектив ташкыннарның башы ул. Гранулалар һәрвакыт Кояшның бөтен өслегендә күзәтелә, кайчак бу өслекне кайнап торган дөге боткасына охшаталар. Фотосфераның башка детальләре (таплар, факеллар) вакыт-вакыт кына барлыкка килә.

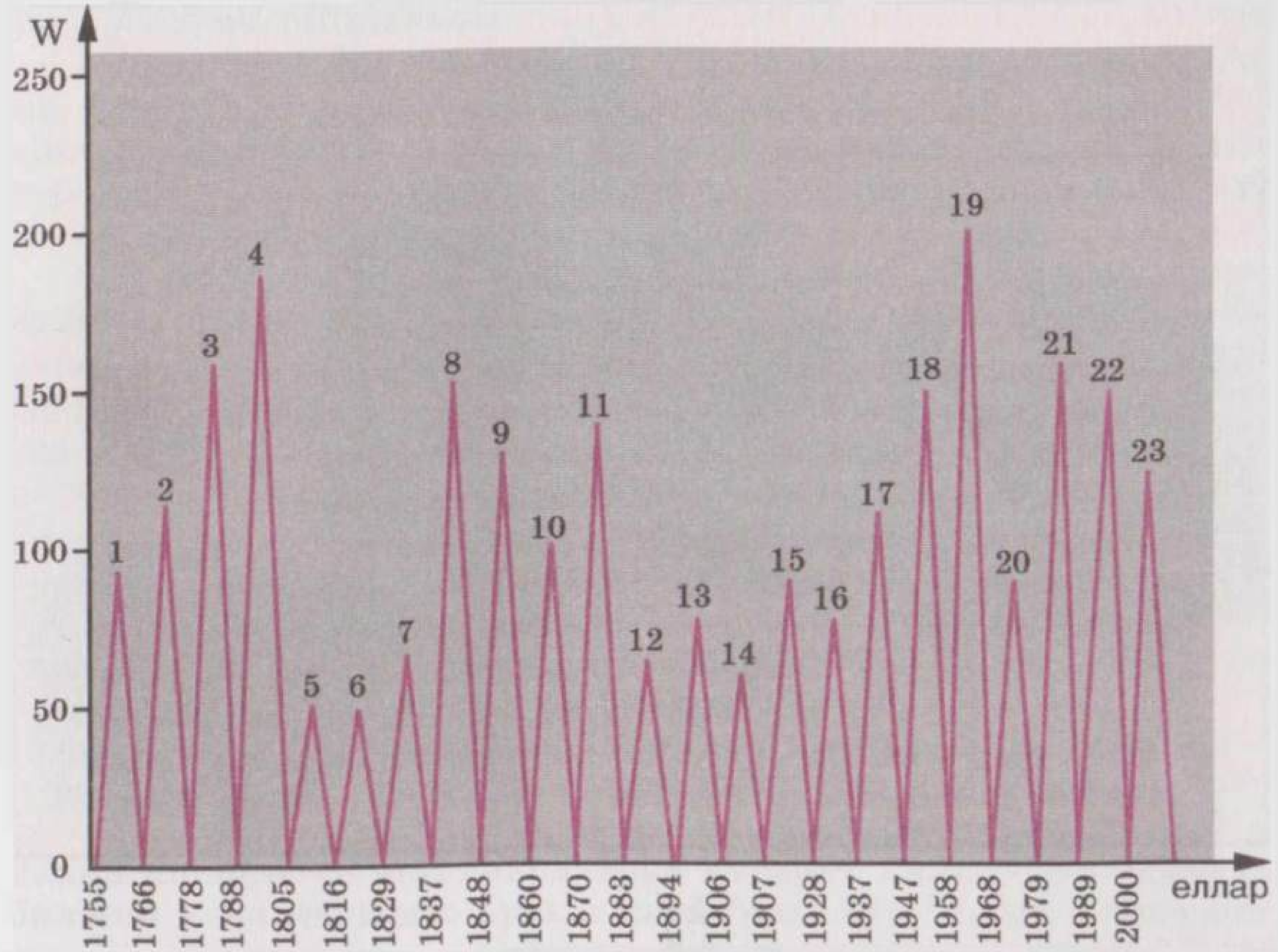
Кешеләр шактый күптән, телескоп уйлап табылганчы ук инде, баеп баручы тонырак Кояшта яки сыек болыт каплаган Кояшта *каралҗым таплар* күргәләгәннәр. Элек ул тапларның нәрсә икәнен белмәгәннәр, хәтта алар Кояшның үзендә булыр дип башларына да китермәгәннәр. Хәзер генә, Галилей ул тапларның дөрестән дә Кояш өслегендә булуын исбат итеп, өч ярым гасыр узгач кына, аларның физик табигате ачыклана башлады.

Кояш таплары гранулалардан шактый зуррак. Иң зур тапларның диаметры уннарча мең километрга җитә. Таплар — фотосфераның тотрыксыз, үзгәрүчән детальләре, алар берничә көннән алып берничә айга кадәр яшиләр. Кайвакыт Кояшта таплар бөтенләй булмый, ә кайчакта берьюлы дистәләгән э р е т а п л а р күзәтелә. Кояшта таплар барлыкка килүне күпьеллык күзәтүләр таплар санының цикллы үзгәреп-тирбәнеп торуын күрсәттеләр. *Циклның уртача дәвамлылыгы 11 ел чамасы* (рәс. 73).

Тапның үзәгендә аның т ө ш е (яки к ү л ә г ә с е) бар, ул җепселле я р ы м к ү л ә г ә белән әйләндереп алынган (рәс. 72). Кояш дискының кырыена таба түгәрәк тап — эллипссыман, ә дискның читендә үк нәзек кенә ярымкүләгә тасмасы булып күренә. Моны исә тап конуссыман бүрәнкәдән гыйбарәт булырга тиеш, ә аның тирәнлеге якынча 300—400 км дип аңлатып була. Таплар фотосфера җирлегендә, контраст аркасында гына караңгы булып күренәләр. Чынлыкта төшнең



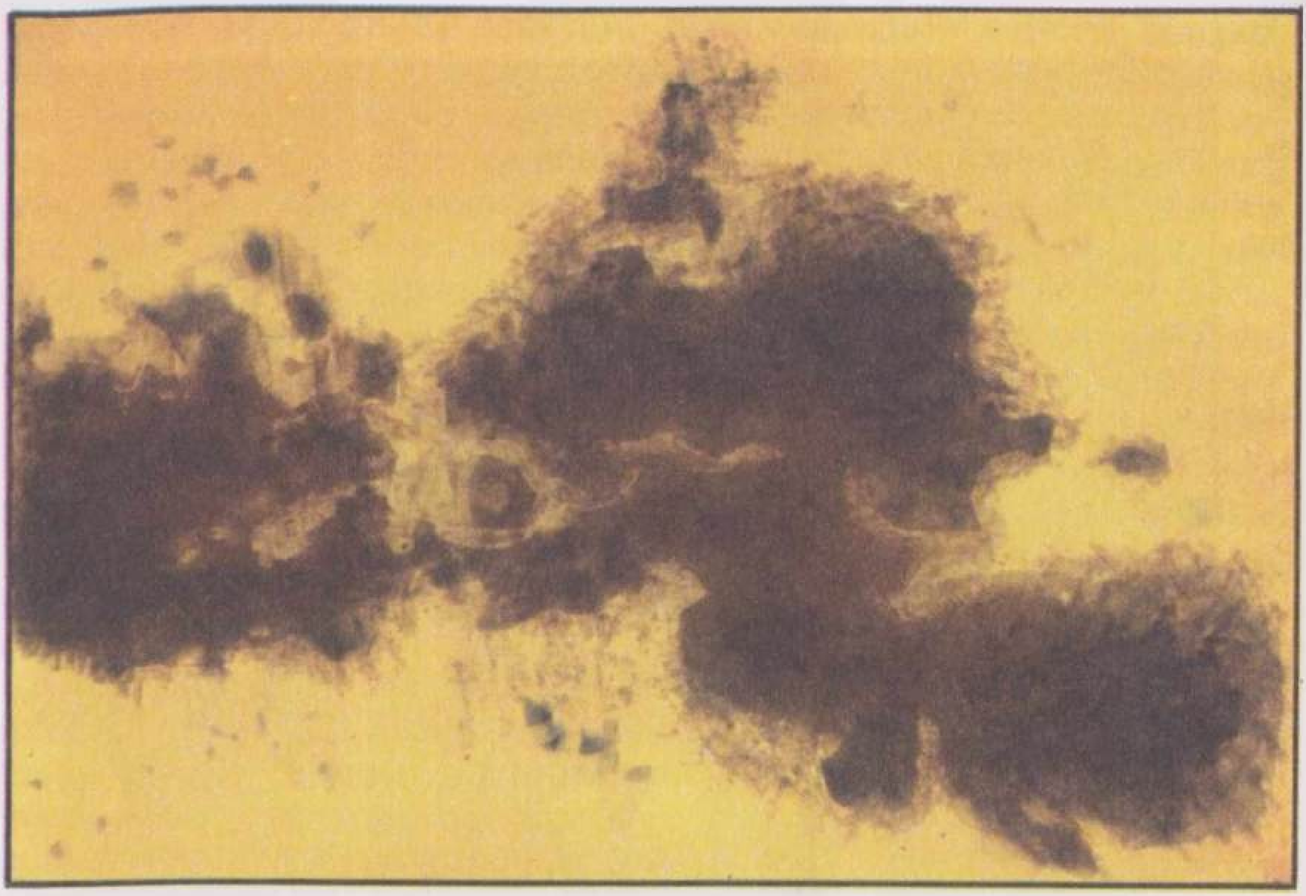
**Рәс. 72. Кояш фотосферасының бер өлеше.**




**Рәс. 73. Кояшта күзәтелә торган тапларның циклләп үзгәрүе. Чираттагы (23 нчесе) 11 еллык циклы 1966 елда башланды һәм үзенең максимумына XXI г. башында җитте (W — Кояш тапларының чагыштырмача саны: W = 10g + f, биредә q — тап төркемнәренең саны, f — таплар саны).**

(таптагы иң салкын өлешнең) температурасы 4300 К чамасы, ягъни ул электр дугасындагы температурадан да югарырак. Билгеле булганча, электр дугасына саклагыч күзлек кимичә карау мөмкин түгел. Таплар спектрындагы сызыклар сизелерлек рәвештә бүлгәләнгән. Бу күренеш тап матдәсенә көчле магнит кыры тәэсир итүдән килә.

Гадәттә, таплар төркем-төркем булып күзәтелә (рәс. 74). Төркемдә Кояш әйләнгән юнәлештә беренче булып урнашкан тап — а л г ы  т а п дип, ә соңгы булып урнашканы а р т к ы  т а п дип атала. Алгы һәм арткы таплар капма-каршы полярлыкка ия, ләкин алгы таплар — төньяк магнит полюсы, ә арткы таплар көньяк полюс була, ягъни тулаем алганда таплар төркеме гаять зур магнитны хәтерләтә. Тапларның магнит кыры Кояшның гомуми магнит кырыннан меңнәрчә тапкыр көчлерәк. Шуңа күрә Кояш таплары Кояш фотосферасында «магнит утраулары» на охшый. Шунысы игътибарга лаек, соңгы 11 еллык циклларда тап төркемнәре үзләренең полярлыгын үзгәртәләр. Мәсәлән, әгәр билгеле бер 11 еллык циклда Кояшның төньяк ярымшарындагы тап төркемнәрендә алгы



**Рәс. 74. Кояш тапларының зур бер төркеме.**

таплар төньяк магнит полюсына ия булсалар, аннан соңгы циклда төньяк магнит полюсы арткы тапларда күзәтелде.

Тапларның магнит кыры — иң мөһим күрсәткечләрнең берсе. Кояш таплары барлыкка килүнең сәбәбе дә нәкъ менә магнит кыры белән бәйләнгән. Эш шунда, көчле магнит кыры плазманың конвекциясен әкренәйтергә мөмкин. Конвекция әкренәйгән урыннарда өслеккә энергия азрак килә, анда фотосфераның салкынрак һәм караңгырак өлкәләре — Кояш таплары хасил була.

*Фотосфера факеллары* — яктырак һәм, димәк, эссерәк өлкәләр. Әгәр таплар төркеме Кояш дискының читендәрәк торса, аның тирәсендә, гадәттә, күпләгән факеллар — *факеллар кыры* күренә. Факеллар Кояш таплары барлыкка килер алдыннан пәйда булалар һәм тапларга караганда уртача өч тапкыр озаграк яшиләр. Факеллар күзәтелгән урыннарда Кояш өслегенә, фотосфераның башка өлешләренә караганда, эссерәк матдә күтәрелеп чыга. Бу исә фотосфера астындагы катлауларда урыны-урыны белән конвекциянең көчәюеннән килә.

**2. Хромосфера.** Кояш тулысынча тотылган вакытларда Кояш атмосферасының тышкы өлкәләре — х р о м о с ф е р а (алсу төстә) һәм көмешсыман-энҗе төсендәге т а җ яхшы күренә. Хромосфераның һәм таҗның яктылыгы фотосфера яктылыгыннан күп тапкыр кимрәк. Кояш яктысының Җир атмосферасында чәчелүе аркасында, тоныкк кына яктылык чыгарган

бу тышкы сурүләрне Кояш тотылган вакытта махсус җайланмасыз күреп тә булмый.

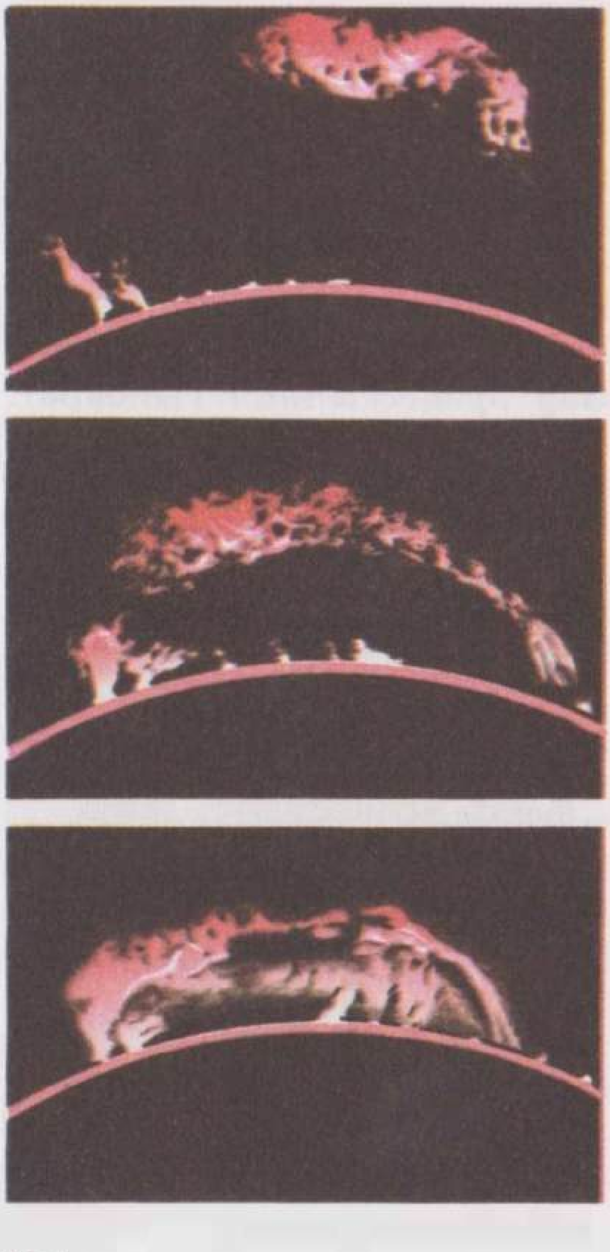
Хромосфера 10—14 мең км биеклеккә кадәр сузыла. Аның иң түбәнге катлауларында температура 5000 К чамасы, ә аннары, фотосфера өстеннән югарырак күтәрелгән саен, температура әкренләп арта бара һәм атмосфераның югарыгы катлауларында $(2 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^4)$ К га җитә.

Әгәр спектрның бик тар өлешен аерып, Кояшның сурәтен дулкын озынлыгы теге яки бу спектр сызыгына, мәсәлән водородның $H_\alpha$ сызыгына туры килгән *монохроматик яктылыкта* алсаң, хромосфераны Кояш тотылмаган вакытта да күзәтергә мөмкин. Шул чагында хромосфераның челтәр булып урнашкан караңгы һәм якты төеннәрдән торганлыгын күреп була. Хромосфера челтәренең күзәнәкләре фотосферадагы гранулалардан шактый зуррак, аларның үлчәме 30—50 мең км га җитә. Хромосфераның яктырышы бертигез түгел. Аның иң якты өлкәләре (хромосфера факеллары) фотосфера факеллары һәм таплар өстендә урнашкан (рәс. 75).

Хромосферада иң куәтле һәм тиз бара торган процесслар — кабынышлар күзәтелә. Кабыныш барлыкка килгәндә башта хромосфераның кечерәк кенә бер өлешендә яктырыш көчәя, ләкин аннары ун миллиардларча квадрат километр мәйданны биләгән өлкә яктырак булып китә (рәс. 76). Тонык яктырышлар 5—10 минуттан юкка чыга, ә иң куәтлеләре берничәшәр сәгать дәвам итә. Кечерәк кабынышлар Кояшта тәүлегенә берничә тапкыр булып ала, куәтлеләре исә шактый сирәгрәк күзәтелә. Гадәттә, кабынышлар таплар өстендә, бигрәк тә, тиз үзгәрүчән таплар өстендә барлыкка киләләр. Күренешнең характеры (бик тиз, гаять күп — $10^{25}$—$10^{26}$ Дж энергия бүленеп чыгу) буенча, кабынышлар *шартлау процессыннан* гыйбарәт. Бу вакытта Кояш тапларының магнит кыры энергиясе бүленеп чыга. Кабынышлар вакытында *куәтле ультрамиләүшә, Рентген нурлары* һәм *радионурланыш* күзәтелә. Планетаара фәзага

**Рәс. 75. Хромосфераның Кояш табы өстендәге өлкәсе.**

Рәс. 76. Кояштагы кабынышның үсеш-үзгәреше (1970 елның 14 июне).



а

б

в

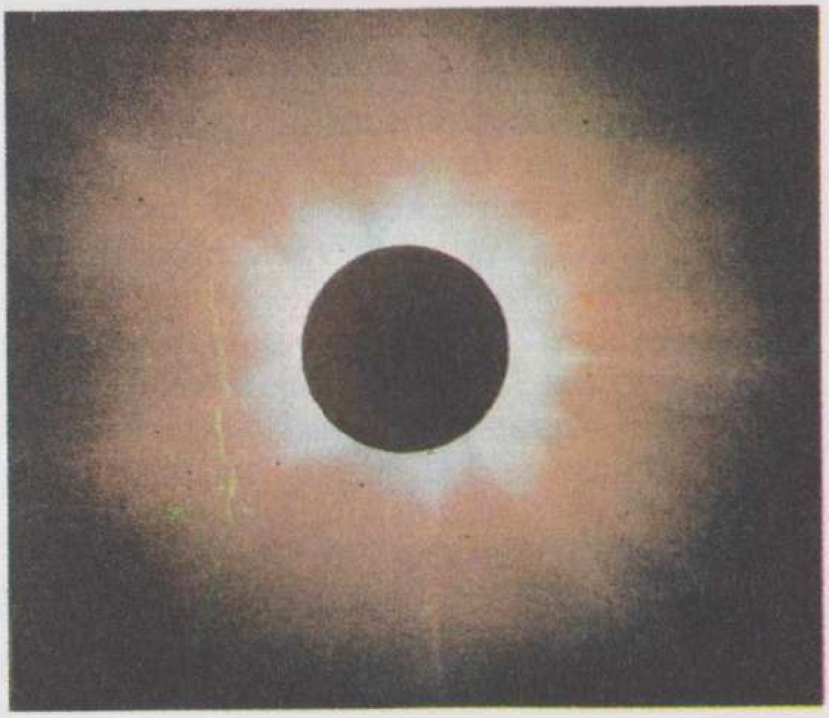
Рәс. 77. Өч тәүлек дәвамында күзәтелгән протуберанецның үзгәреше.

электр белән корылган кисәкчекләр (**корпускулалар**) атылып чыга.

Кояш дискының читләрендә **протуберанецлар** — Кояш таҗына ургылып кергән якты чыгынтылар яки хромосферага таянып торган дугалар ачык күренә (рәс. 77). Тыныч протуберанецлар берничә атна яки хәтта айлар буена яши. Протуберанец матдәсе түбәннән килгән нурланышны йота һәм чәчә, шуңа күрә, якты Кояш дискына проекцияләнеп, протуберанецлар караңгы җепселләр рәвешендә күренәләр. Тыныч протуберанецлардан аермалы буларак, хәрәкәтчел һәм матдәләрне таҗга бик тиз атып чыгаручы протуберанецлар да күзәтелә.

**3. Кояш таҗы.** **Таҗның** фотосферадан бер Кояш радиусы кадәр ераклыкта урнашкан эчке өлкәләрен Кояш тотылганда гына түгел, бәлки башка вакытларда **коронограф** ярдәмендә күзәтергә мөмкин. Коронограф — махсус телескоп ул, аның объективының фокусына кара төскә буялган диск («ясалма Ай») куела. Коронографларны тауларда, диңгез өсте тигезлегеннән кимендә 2000 м биеклектә урнаштыралар, биредә Кояш нурланышы Җир атмосферасы тарафыннан шактый азрак чәчелә.

Таҗның формасы даими түгел (рәс. 79). Кояш өслегендә таплар күп булган елларны таҗ түгәрәк диярлек була. Таплар аз булган вакытларда исә таҗ Кояш экваторы яссылыгында нык кына сузылган була. Таҗ формасы бериш түгел: аңарда нурлар, дугалар, аерым матдә куермалары, «котып щеткалары» (полюслар янында кыска-кыска туры нурлар) һ. б. күзәтелә. Таҗның детальләре таплар һәм факеллар белән аерылгысыз бәйләнгән. Таҗ детальләре барысы да фотосфераның үзләре астында урнашкан өлешләре әйләнгән почмакча тизлек белән үк хәрәкәт итәләр.



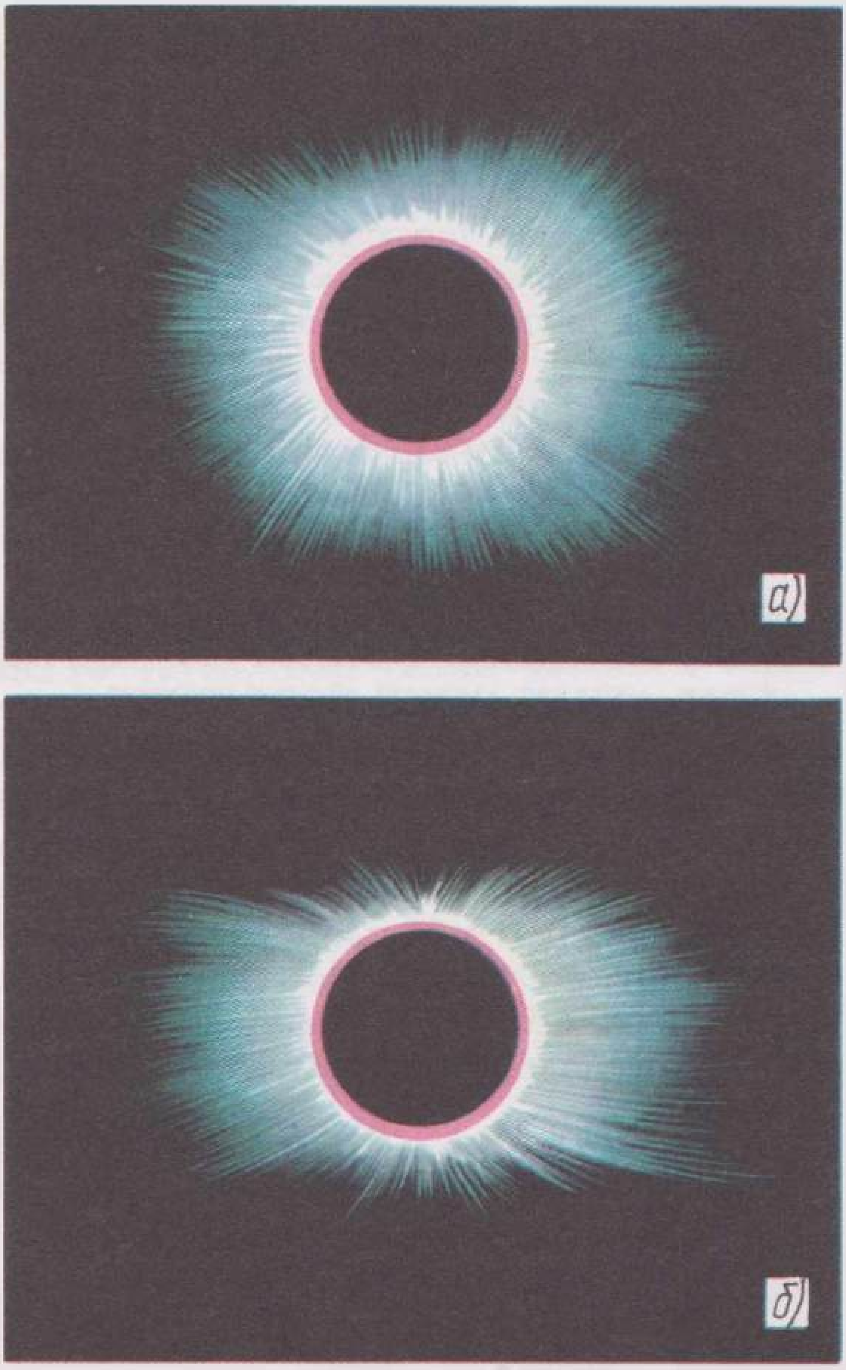
**Рәс. 78. Кояшның тулы тотылу вакытындагы күренеше (1980 елның 12 феврале).**

Таҗ күпме ераклыкка сузылган? Кояш тотылулар вакытында алынган фоторәсемнәрдә таҗны Кояш читеннән алып берничә Кояш радиусы хәтле ераклыкка кадәр күреп була әле. Кояш плазмасының аерым ургылышлары Җир орбитасына кадәр килеп җитә, аларны Кояшның өстәмә таҗына керә дип исәпләргә мөмкин. Өстәмә таҗ радиоастрономия ысуллары белән ачылды. Таҗның гаять зур булуы андагы кисәкчекләрнең зур тизлекле һәм, димәк, таҗның югары температуралы булуы белән аңлатыла. Таҗны спектраль тикшерү бу фикерне раслый. Таҗ спектрындагы берничә сызык 40 нчы елларга кадәр сер булып кала килде. Ахырда бу сызыкларның Җирдә бик билгеле булган элементларның кат-кат ионлашкан атомнарыныкы, мәсәлән, 13 электронын югалткан тимер атомнарыныкы булуы ачыкланды. Таҗның бик нык сирәкләнгән матдәсендә шундый тирән ионлашу температура $10^6$ К нан ким булмаса гына мөмкин исәпләнә. Димәк, таҗны күзәтү юлы белән, югары температуралы сирәкләнгән плазманы Галәм лабораториясендә — табигый шартларда өйрәнеп була икән.

Фотосфераның уртача температурасы 6000 К булганлыктан, ул Кояш таҗын үзенең нурланышы белән тагы да югарырак температурага кадәр җылыта алмый. Бер гипотеза буенча, Кояш эчендә газның конвектив хәрәкәтләре кысылыш һәм сирәкләнеш дулкыннары тудыралар, һәм алар Кояшның эчке катлауларыннан энергияне аның атмосферасына күчерәләр. Дулкынсыман хәрәкәт энергиясе хромосфера һәм таҗ матдәсен җылыта. Хромосфераның һәм таҗның сирәкләнгән газлары нурларны аз тарата һәм, түбәннән энергия мул өстәлеп торганга, нык җылына.

**4. Кояшның активлыгы.** *Кояш атмосферасындагы тотрыксыз күренешләр (таплар, факеллар, протуберанецлар, кабынышлар һ. б.) комплексы Кояш активлыгы дип атала.* Әйтик, Кояш таплары һәрвакыт фотосфера факеллары белән бәйләнгән, кабынышлар һәм протуберанецлар күп очракта тотрыксыз хәлдәге фотосфера өстендә барлыкка килә һ. б. Кояшта таплар, факеллар, кабынышлар, протуберанецлар һәм Кояш активлыгының башка чагылышлары күзәтелгән өлкәләр актив өлкәләр (яки активлык үзәкләре) дип атала. Инде күреп үткәнебезчә, активлык үзәкләре, фотосфера астында билгеле бер тирәнлектә туалар һәм, катлам-катлам булып, еракка ук — Кояш таҗына кадәр җәеләләр. Активлык үзәкләренең төрле катламнарын (ярусларын) магнит кыры тоташтыра.

Таплар барлыкка килү генә түгел, Кояш активлыгы үзе дә тулаем алганда 11 еллык цикл белән үзгәрә. Кояш активлыгы максимумга җиткән елларда Кояшта активлык үзәкләре күп була («тынгысыз Кояш»). Минимум елларында активлык үзәкләре аз («тыныч Кояш») (рәс. 79). Кояш активлыгының күптән түгел генә булып узган максимумын гадәттән тыш дип




Рәс. 79. Кояш таҗы:
а) максимум елында;
б) минимум елында.

исәпләргә мөмкин. Ул үзенең югары активлыгы (аерым алганда, таплар күп булуы) һәм дәвамлылыгы (берничә елга — чама белән 1989 елдан 1992 елга кадәр сузылуы) белән аерылып торды.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Кояшның фотосферасы нәрсә ул? 2. Китапта фотосферага карата китерелгән санлы күрсәткечләрне бүлмә температурасындагы һәм нормаль басымлы 1 $см^3$ һавада булган кисәкчекләр саны һәм тыгызлыгы белән чагыштырыгыз. 3*. Тапның почмакча диаметры 17,6″ булуын белеп, аның сызыкча диаметрын хисаплап чыгарыгыз. Аны Җир диаметры белән чагыштырыгыз. Бу тапны телескопсыз гына күреп булырмы? (Коралланмаган күз почмакча зурлыгы 1′ тан ким булмаган предметларны гына аерып

күрә дип исәпләргә). **4.** Кояш таплары нәрсәдән гыйбарәт? Ә гранулалар? Факеллар? **5.** Ни өчен Кояш таплары фотосферадан караңгырак? **6.** Кояшта таплар күзәтелү аның суына баруын күрсәтә дигән фикер ишеткәләргә туры килә. Бу фикернең нигезсез булуын аңлатыгыз. **7.** Кояшны күзәткәндә нинди кагыйдәләрне үтәргә кирәк? **8*.** Бинокльгә яки телескопка беркетелгән экранда тапларны бер тапкыр күреп, туктап калмагыз, аларның үсеш-үзгәрешен дә күзәтергә тырышыгыз. **9.** Кояш хромосферасында һәм таҗында нинди күренешләр күзәтелә? **10.** Ни өчен гадәти шартларда Кояшның таҗы күренми? **11.** Таҗның зурлыгы һәм андагы физик шартлар нинди? **12.** Нәрсә ул Кояш активлыгы һәм ул нинди цикл белән үзгәрә? **13.** Кояштагы магнит кырлары турында сезгә ниләр билгеле?

## § 20. КОЯШНЫҢ ЭНЕРГИЯ ЧЫГАНАКЛАРЫ ҺӘМ АНЫҢ ЭЧКЕ ТӨЗЕЛЕШЕ

**1. Кояшның энергия чыганаклары.** Кояш миллиард еллар буена секунд саен гаять зур энергия нурландырып тарата. Гомумән, барлык физик процесслар кебек үк, Кояш һәм башка йолдызларның нурланышы да табигатьнең иң мөһим законына — энергия саклану һәм әверелү законына буйсына. Димәк, Кояш энергиясе юктан бар була алмый һәм Кояшның өзлексез нур таратып торуын тәэмин итә торган чыганаклар булырга тиеш.

Хәзерге күзаллауларга караганда, Кояшның һәм башка йолдызларның эчкәреге катлауларында *термотөш реакцияләре* бара. Бу реакцияләр барышында бик күп энергия аерылып чыга һәм бер химик элементлар икенче элементларга әверелә. Сез Кояшта иң күп таралган элементның водород икәнлеген беләсез инде. Кояшның эчендә ул ионлашкан һәм водород атомы төшләре — протоннар рәвешендә була. Гаять югары температура хөкем сөргән шартларда бу протоннарның тизлеге шулкадәр зур, алар электрик этелү көчләрен җиңеп, үзара якынлашалар. Бик якын араларда куәтле төш көчләре гамәлгә керә һәм төш реакцияләре башлана. Бу вакытта яңа химик элементларның төшләре барлыкка килә. *Кояш эчендә водород гелийга әверелә.* Шундый әверелеш юлларының берсен күздән кичерик. Ике протон ($^1$H) кушылганда, авыр водород — дейтерий ($^2D$ төше барлыкка килә һәм элементар кисәкчек: позитрон ($e^+$) һәм нейтрино ($v$) атылып чыга. Бу реакцияне түбәндәгечә язарга мөмкин:

$$^1\mathrm{H} + {^1\mathrm{H}} \rightarrow {^2D} + e^+ + v. \qquad (30)$$

Әгәр дә протоннар тәэсирләшү нәтиҗәсендә хасил булган дейтерий үзе дә протон белән төш реакциясенә керсә, гелийның

җиңел изотобы ($^3$He) төше барлыкка килә һәм кыска дулкынлы гамма-нурланыш ($\gamma$) рәвешендә энергия аерылып чыга:

$$^2D + {}^1\text{H} \to {}^3\text{He} + \gamma. \qquad (31)$$

Моннан соң ике $^3$He төше кушылу нәтиҗәсендә гелий төше $^4$He һәм ике водород төше хасил була:

$$^3\text{He} + {}^3\text{He} \to {}^4\text{He} + {}^1\text{H} + {}^1\text{H}. \qquad (32)$$

Без карап үткән өч реакция чылбыры **протон-протон циклы** дип атала. Цикл нәтиҗәсендә дүрт водород төшеннән бер гелий төше барлыкка килә. Бу вакытта күпме энергия аерылып чыга соң?

Бер протонның массасы атом берәмлекләрендә — 1,008 гә, дүрт протонның 4,032 гә тигез. Бер гелий төшенең массасы 4,004 булганлыктан, аерма $4{,}032 - 4{,}004 = 0{,}028$ (масса дефекты). $0{,}028 : 4{,}032 = 0{,}007$, ягъни 1 г гелий синтезланган вакытта масса дефекты 0,007 г чамасы була. Моны белеп һәм масса белән энергия бәйләнешенең Эйнштейн ачкан $E = mc^2$ законын кулланып, 1 г водород «янганда» күпме энергия аерылып чыкканлыгын хисаплап карыйк:

$$E = mc^2 = 7 \cdot 10^{-6}\ \text{кг} \cdot (3 \cdot 10^8\ \text{м/с})^2 \approx 6{,}3 \cdot 10^{11}\ \text{Дж}.$$

($c = 3 \cdot 10^8$ м/с — яктылык тизлеге).

Протон-протон циклы биргән продуктларның берсе — *нейтрино.* Бу кисәкчекләр, матдә белән тәэсир итешмичә диярлек, йолдызның барлык катлаулары аша үтәргә һәм турыдан-туры аның үзәк өлешләреннән күпмедер энергияне алып китәргә сәләтле. Нейтриноның үтеп керү сәләте искиткеч зур булганлыктан, аларны «тотып алу» бик кыен: гадәти элементар кисәкчекләр санагычлары ярдәмендә аларны турыдан-туры теркәп калып булмый. Ләкин моны эшләү чиктән тыш мөһим һәм кызыклы, чөнки нейтрино нурланышы, башка барлык төр нурланышлардан аермалы буларак, Кояшның эченә үк «күз төшерергә» мөмкинлек биргәндәй була. Кояшны нейтринолар ярдәмендә күзәтү (Җир астында тирәндә урнашкан *нейтрино телескоплары* ярдәмендә бу күзәтүләр алып барыла инде) Кояшның һәм аңа охшашлы башка йолдызларның энергия чыганаклары турында гомум кабул ителгән гипотезаның ни дәрәҗәдә дөрес икәнлеген ачыкларга юл ачар. Йолдызларның энергия чыганагын ачу аларның эчендә бара торган процессларны аңлау өчен зур әһәмияткә ия. Моннан тыш, бу ачыш Җир шартларында термотөш синтезын техник куллану юлларын эзләү өчен этәргеч булды (идарә ителә торган термотөш реакцияләре мәсьәләсе).

**2*. Кояшның эчке төзелеше.** Кояшның массасы, яктыртучанлыгы, радиусы турындагы мәгълүматларга таянып (универсаль булганлыктан алар Җирдә генә түгел, бәлки башка күк җисеме шартларында да куллану өчен яраклы), Кояшның үзәгеннән төрле ераклыкларда басым, тыгызлык, температура һәм химик состав турында мәгълүмат алырга мөмкин. Беренче өч күрсәткеч (басым, тыгызлык, температура) тирәнлек белән арта барып, Кояшның үзәгендә иң зур кыйммәткә җитәләр. Кояшның химик составы да төрле тирәнлекләрдә бердәй түгел: Кояшта водород һәркайда иң күп таралган элемент булып кала, әмма үзәктә водородның микъдари проценты иң аз һәм Кояшның фотосферасында һәм атмосферасында иң күп булып чыга.

Хәзерге мәгълүматлар буенча, термотөш реакцияләре Кояшның үзәгеннән аның 0,3 радиусы кадәр ераклыктан артмаган өлкәләрдә генә бара. Температура шактый кимрәк булган өслек тирәсендә энергия чыганаклары юк. Димәк, термотөш синтезы нәтиҗәсендә аерылып чыккан энергия тышкы якка гаять калын эссе плазма катлавы аша гына тапшырылырга мөмкин. Кояшның үзәгеннән 0,3 тән алып 0,7 радиуска тигез ераклыкка кадәр энергия бер катлаудан икенчесенә нурланыш юлы белән тапшырыла. Бу вакытта катлаулар урыннарын алмашмыйлар, түбәнге катлау нур рәвешендә чыгарган энергия өске катлау тарафыннан йотыла, аннары ул үзе дә аны нурлар рәвешендә тарата һ. б. Кояшның үзәгеннән өслегенә нурланыш бик әкрен, кимендә миллион ел буена, шулай «саркып» бара. Чираттагы һәр катлау алдагысына караганда кимрәк энергияле квантлар чыгара. Шуңа күрә, гәрчә Кояшның үзәк өлкәләрендә гамма-квантлар хасил булса да, алга таба алар эзлекле рәвештә Рентген нурланышы квантларына, аннары ультрамиләүшә һәм, ниһаять, өслек тирәсендә, күзгә күренә торган нурланыш квантларына әверелэләр. Кояш өслегеннән якынча 0,3 радиус кадәр ераклыкта тирән катлаулардан тышкы якка энергия күчеше, инде белгәнегезчә, конвекция юлы белән бара. *Конвектив зона* фотосферага кадәр сузыла, һәм Кояш өслегендәге бөртекләр (грануляция) фотосфера астындагы катлауларда конвекция баруы турында сөйлиләр.

*Газ шарын кысарга омтылган тартылыш көчләренең эчке газ басымы көчләре белән тигезләшүе аркасында Кояшның тигезләнеше тәэмин ителә.* Моннан чыгып, Кояш үзәгендәге басым һәм температураны хисаплап карыйк.

Кояшның эчендә нигез мәйданы $S$ һәм биеклеге $h = R_{\odot}$ булган багана бүлеп алдык, ди. Үзәк тирәсендә газ басымы көче $(F)$ матдә баганасының авырлыгы белән тигезләшә, ягъни $F = P$. Без карый торган матдәнең авырлыгын аның массасы

буенча хисаплап табарга мөмкин: $P = mg$, ә инде $m = \rho V = \rho SR_\odot$ булганлыктан,

$$P = \rho SR_\odot g.$$

Хисапны гадиләштерү максатыннан, $\rho = \bar{\rho}_\odot$ дип алып, $r = R_\odot/2$ булганда, бөтендөнья тартылу законыннан g ны хисаплап табабыз:

$$P = \bar{\rho}_\odot SR_\odot \frac{GM_\odot}{(R_\odot/2)^2}. \qquad (33)$$

Басым $p = \frac{F}{S}$ булганлыктан, Кояш үзәгендәге басымны түбәндәге формуладан бәяләргә була:

$$p_\text{ү} = \frac{4G\bar{\rho}_\odot M_\odot}{R_\odot}. \qquad (34)$$

Моннан $p_\text{ү} = 1{,}1 \cdot 10^{15}$ Па. Төгәлрәк хисаплаулар $p_\text{ү} = 2 \cdot 10^{16}$ Па зурлыгын бирәләр.

Кояш үзәгендәге тыгызлык чынлыкта уртача тыгызлыкка тигез түгел, бәлки ун тапкыр зуррак, ягъни $\bar{\rho}_\text{ү} \approx 10\rho_\odot$ ($\bar{\rho}_\odot = 1{,}4 \cdot 10^4$ кг/м$^3$ булганлыктан, $\rho_\text{ү} = 1{,}4 \cdot 10^4$ кг/м$^3$!).

Матдә тыгызлыгы гаять зур булуга карамастан, хәтта Кояш үзәгендә дә кисәкчекләр арасында ераклык кисәкчекләрнең үлчәме белән чагыштырганда бик зур. Ләкин бу очракта Кояш үзәгендәге матдәгә карата Менделеев — Клапейрон тигезләмәсен кулланырга мөмкин:

$$p = \frac{R}{M}\rho T,$$

биредә $p$ — газ басымы; $R = 8{,}31$ Дж/ (моль · К) — универсаль газ константасы; $M$ — моляр масса; $T$ — абсолют температура һәм $\rho$ — газның тыгызлыгы. Моннан

$$T = \frac{pM}{R\rho}$$

һәм без Кояш үзәгендәге температураны якынча хисаплау өчен формула чыгарабыз:

$$T_\text{ү} = \frac{p_\text{ү} M}{R_\odot \rho_\text{ү}}. \qquad (35)$$

Шуңа охшашлы фикер йөртеп, Кояшның үзәге өчен генә түгел, бәлки, әйтик, ярты радиуска ($R_{\odot}/2$) тигез булган тирәнлек өчен дә $p$ һәм $T$ ның зурлыгын чама белән бәяләргә мөмкин. Принципта $p$, $T$ һәм $\rho$ зурлыкларын теләсә кайсы тирәнлеккә карата хисаплап чыгарырга һәм бу күрсәткечләрнең тирәнлеккә карап үзгәрешен — $p = p(r)$, $T = T(r)$ һәм $\rho = \rho(r)$ бәйлелекләрен табарга була. Бу функцияләр, бергәләп (ә аларны формулалар, таблицалар яки графиклар рәвешендә күрсәтергә мөмкин), *Кояшның эчке төзелеше моделен* бирәләр. Астрономнар чынбарлыкка мөмкин кадәр якын килгән модель төзергә тырышалар. Алар гадилек өчен генә кабул ителгән фаразларны мөмкин кадәр киметәләр; тирәнлеккә бәйле рәвештә химик составның үзгәрүен һәм Кояшта энергиянең ничек барлыкка килүен һәм аның ничек күчүен исәпкә алалар; хисаплаганда иң яңа ысуллар кулланалар. Һәм шуңа да карамастан, нәтиҗәдә Кояшның (яки башка йолдызларның) эчке төзелешеннән төгәл күчермә килеп чыкмый, бәлки аның «контурлары» гына алына, әмма алар, икенче дәрәҗәле һәм бик үк мөһим булмаган нәрсәләргә игътибар итмичә, төп нәрсәгә ирешергә мөмкинлек бирәләр.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Кояшның энергия чыганаклары турында хәзерге күзаллаулар нинди? 2*. Әгәр Кояш водородтан гына торып, бөтен водород гелийга әверелеп бетсә, күпме энергия аерылып чыгар иде — шуны якынча бәяләргә тырышып карагыз. Кояшның хәзерге яктыртучанлыгы саклансын өчен, аның водороды ничә елга җитәр? 3*. Кояшның эчке катлауларыннан аның өслегенә энергия ничек тапшырыла? 4. Кызган плазма шары буларак, Кояштагы тигезләнешне нинди көчләрнең тигезлеге саклап тора? 5. Кояшның үзәгендә басым, тыгызлык һәм температура нинди? 6. Кояшның (йолдызларның) эчке төзелеш моделе нәрсә ул? Аларны нинди максат белән төзиләр һәм Кояшның (йолдызларның) катлаулы эчке төзелешен алар ни дәрәҗәдә дөрес чагылдыра ала? 7. 1 г водород гелийга әверелгәндә, аерылып чыккан кадәр энергия алу өчен, күпме ташкүмер ягарга кирәк?

## § 21. КОЯШ ҺӘМ ҖИРДӘГЕ ТЕРЕКЛЕК

**1. Кояш энергиясеннән файдалануның перспективалары.** Планетаара фәзага Кояш нурландырып тараткан барлык энергиянең якынча ике миллиардтан бер өлеше Җир атмосферасы чикләренә килеп җитә. Кояштан Җиргә килгән һурланыш энергиясенең якынча өчтән бер өлеше планетаара фәзага кире кайтарыла. Кояш энергиясенең иң күп өлеше Җир атмосферасын, океаннарны һәм коры җирләрне җылытуга китә.

Хәзерге вакытта халык хуҗалыгында энергияне Кояштан алучы *гелиотехник җайланмалар* (төрле типтагы Кояш теплицалары, парниклар, төче су алу аппаратлары, су җылыткычлар, киптергечләр) шактый күп кулланыла. Батынкы көзге фокусында җыелган Кояш нурлары иң авыр эрүчән металларны да эретәләр. Кояш электростанцияләре төзү, йортларны җылыту өчен, Кояш энергиясеннән файдалану һ. б. буенча эш алып барыла. Кояш энергиясен турыдан-туры электр энергиясенә әверелдерә торган ярымүткәргечле Кояш батареялары практик кулланыш тапты. Болар һәммәсе дә — экологик яктан иң чиста энергияне файдалана торган гелиотехниканың беренче казанышлары гына әле.

**2. Кояшның кыска дулкынлы нурланышы.** *Ультрамиләүшә һәм Рентген нурланышлары, нигездә, хромосфераның югарыгы катлауларыннан һәм таҗдан тарала.* Моны Кояш тотылган вакытта төрле приборлар белән җиһазланган ракеталар җибәреп ачыклый алдылар. Бик эссе Кояш атмосферасы күзгә күренми торган кыска дулкынлы нурланышны һәрчак таратып тора, ләкин Кояш активлыгы максимумга ирешкән елларда ул аеруча куәтле була. Бу вакытта ультрамиләүшә нурланыш, минимум елларына караганда, чама белән икеләтә, ә Рентген нурланышы уннарча һәм йөзләрчә тапкыр арта. Кыска дулкынлы нурланышның көче көннән-көн үзгәреп тора. Кояшта кабынышлар булганда, ул кискен төстә арта.

Ультрамиләүшә һәм Рентген нурланышлары Җир атмосферасы катлауларын өлешчә ионлаштыралар һәм Җир өслегеннән 200—300 км биеклектә и о н о с ф е р а хасил итәләр. Ионосфера ерак радиоэлемтә тоту өчен мөһим роль уйный: радиотапшыргычтан чыккан радиодулкыннар, алгыч антеннага килеп җиткәнче, ионосферадан һәм Җир өслегеннән күп тапкырлар кире кайтарыла. Ионосфераның халәте аның Кояш тарафыннан яктыртылу шартларына һәм Кояшта булып торган күренешләргә бәйле рәвештә үзгәрә. Шуңа күрә радиоэлемтә тотрыклы булсын өчен, тәүлек вакытын, ел фасылын һәм Кояш активлыгының торышын исәпкә алырга туры килә. Кояшта аеруча көчле кабынышлардан соң, ионосферада ионлашкан атомнар саны арта һәм радиодулкыннар бу катлауда өлешчә яки тулысынча йотылалар. Бу исә радиоэлемтәнең начарлануына һәм хәтта вакытлыча бөтенләй өзелүенә китерә.

Галимнәр Җир атмосферасының *озон катлавын* тикшерүгә аеруча игътибар бирәләр. Стратосферада озон фотохимик реакцияләр (яктылыкның кислород молекулалары тарафыннан йотылуы) нәтиҗәсендә барлыкка килә, һәм озонның төп массасы шунда тупланган. Җир атмосферасында барысы $3 \cdot 10^9$ т озон бар. Бу бик аз: Җир өслеге янында саф озон катлавының калынлыгы 3 мм дан да артмас иде! Ләкин Җир өслегеннән дистәләрчә километр биеклектә җәелгән озон катлавының роле гадәттән тыш зур, чөнки ул барча тереклекне Кояшның

куркынычлы кыска дулкынлы (барыннан да элек ультрамиләүшә) нурланышы тәэсиреннән саклый. Төрле киңлекләрдә һәм елның төрле вакытларында озон микъдары даими калмый. Төрле процесслар нәтиҗәсендә ул шактый кимергә дә мөмкин. Әйтик, атмосферага озонны тарката торган сәнәгый (индустриаль) чыгышлы хлорлы матдәләрнең яки аэрозольләрнең, шулай ук вулкан аткан матдәләрнең күпләп керүе моңа булышлык итә. Озон микъдары кискен төстә кимегән өлкәләр («озон тишемнәре») планетабызда Антарктида һәм Җирнең Көньяк ярымшары өстендә генә түгел, бәлки Төньяк ярымшардагы төрле җирләр өстендә дә күзәтелде. 1992 елда Россиянең Европа өлешенең төньягында озон катлавының югары һәм Мәскәү белән Санкт-Петербург өстендә озон микъдары кимү турында шомлы хәбәрләр күренә башлады. Галимнәр бу мәсьәләнең бөтендөньяга кагылышлы булуын аңлап, барлык планета күләмендә экологик тикшеренү эшләре оештыралар. Моңа, беренче чиратта, озон катлавының торышын өзлексез күзәтү буенча бөтендөнья системасы керә. Озон катлавын саклау һәм озонны тарката торган матдәләр җитештерүне чикләү буенча халыкара килешүләр эшләнде һәм аларга кул куелды.

**3*. Кояшның радионурланышы.** Кояшның радионурланышын системалы төстә өйрәнү икенче бөтендөнья сугышыннан соң, Кояшның куәтле радионурланыш чыганагы булуы беленгәч кенә башланып китте. Планетаара фәзага хромосфера (сантиметрлы дулкыннар) һәм таҗ (дециметрлы һәм метрлы дулкыннар) чыгарган радиодулкыннар үтеп керә. Менә шушы радионурланыш Җиргә килеп җитә. Кояш радионурланышының ике төзүчесе бар — көче үзгәрми торган диярлек даими өлеше һәм үзгәрүчән өлеше («шаулау давыллары», «дулкын чайпалышлары»).

Тыныч Кояшның радионурланышы эссе Кояш плазмасының төрле озынлыктагы дулкынлы электромагнитик тирбәнешләр (*җылылык радионурланышы*) белән беррәттән, һәрвакыт радиодулкыннар да таратуыннан килә. Көчле кабынышлар вакытында Кояшның радионурланышы, тыныч Кояш радионурланышы белән чагыштырганда, меңнәрчә, хәтта миллионнарча тапкыр арта. Тиз үтүчән стационар булмаган процесслар тудырган бу радионурланышның табигате җылылыкка бәйле түгел.

**4. Кояшның корпускуляр нурланышы.** Кайбер геофизик күренешләр дә (*магнит давыллары*, ягъни Җирнең магнит кырында кыска вакытлы үзгәрешләр, *котып балкышлары* һ. б.) Кояш активлыгы белән бәйләнгән. Ләкин бу күренешләр Кояшта кабынышлар булып, бер тәүлек үткәч башланалар. Аларны Җиргә 8,3 минут эчендә килеп җитә торган электромагнитик нурланыш түгел, бәлки корпускулалар (сирәк плазма хасил итә торган протоннар һәм электроннар) китереп

чыгара. Алар 400—1000 км/с тизлек белән хәрәкәт иткәнлектән, Җир тирәсендәге фәзага соңрак (1—2 тәүлеккә) килеп җитәләр.

Корпускулаларны Кояш үзендә кабынышлар һәм таплар булмаганда да тарата. Кояш таҗы — барлык юнәлешләрдә тарала торган плазма агышының (*«Кояш җиле»нең*) төп чыганагы. Өзлексез киңәя торган таҗ тудырган Кояш җиле Кояш тирәсендә хәрәкәт итүче планеталарны һәм кометаларны колачлый. Кабынышлар вакытында Кояш җиле кинәт көчлерәк «исеп» куя. Планетаара станцияләрдә һәм Җирнең ясалма иярченнәрендә үткәрелгән тәҗрибәләр турыдан-туры планетаара фәзада Кояш җилен сизәргә мөмкинлек бирде. Кабынышлар вакытында һәм Кояш җиле тыныч кына «исеп» торганда планетаара фәзага корпускулалар гына түгел, бәлки хәрәкәтчел плазма белән бәйләнгән магнит кыры да үтеп керә.

**5. «Кояш — Җир» мәсьәләсе.** Кояшның активлыгын анык Җиргә ясаган йогынтысы белән бәйле торган бу мәсьәлә берничә фән — астрономия, геофизика, биология һәм медицина өчен уртак.

Бу комплекслы мәсьәләнең аерым өлешләре, мәсәлән, *Кояш активлыгының ионосферадагы чагылышлары*, инде уннарча ел буена тикшерелә. Күпләгән фактлар туплау өстенә, өзлексез радиоэлемтәне тормышка ашыру өчен, билгеле бер әһәмияткә ия булган закончалыкларны (радиоэлемтә өчен кулай ешлыклар сайлау, радиоэлемтә шартларын алдан күрү) ачуга ирештеләр.

Күптән билгеле булганча, *магнит давылы* вакытында магнит угының тирбәлүе бигрәк тә көндез сизелә һәм аның колачы да иң зур була, Кояш активлыгы максимумга ирешкән чорларда ул берничә градуска җитә.

Магнит давыллары вакытында, гадәттә, атмосфераның югарыгы (йөзләрчә километр биеклеккә кадәр) сирәк катлауларында яктырыш күзәтелүе дә яхшы билгеле. Ул атмосферага космостан үтеп кергән протоннар һәм электроннар тәэсиреннән килеп чыга. Сүз табигатьтәге иң гүзәл күренешләрдән берсе булган *котып балкышлары* турында. Төрле төсләрнең искиткеч матур җемелдәве, тыныч кына яктылыкның кинәт төрле дугалар, тасмалар һәм нурлар белән алмашынуы, аларның гаять зур чатырлар, мәһабәт чаршаулар хасил итүе кешеләр игътибарын күптән җәлеп итеп килгән. Котып балкышларында ике төс — яшел һәм кызыл төсләр өстенлек итә. Котып балкышларының төсе кислород атомнары нурланышы белән бәйләнгән (котып балкышларының спектрында яшел һәм кызыл сызыклар аеруча ачык күренә).

Кагыйдә буларак, котып балкышлары Җир шарының югары киңлекләрендә күзәтелә. Бу исә электр корылмалы кисәкчекләрнең, Җирнең магнит кырындагы көч сызыклары буенча хәрәкәт итеп, нәкъ менә котып өлкәләрендә атмосферага үтеп

керә алуы белән аңлатыла. Ләкин кайчакларда, Кояш активлыгы максимумга ирешкән елларда, котып балкышларын урта киңлекләрдә дә күзәтергә мөмкин.

Кояштагы күренешләр белән Җир атмосферасының түбәнге катлауларында бара торган процесслар арасында бәйләнеш бар. Кояш нурланышы Җир атмосферасының югарыгы катлауларында барган процесслар аша, атмосфераның түбәнге катлавы булган *тропосферага* һәм, димәк, һава торышына да тәэсир итә. Бу катлаулы йогынтының механизмын өйрәнү метеорология өчен бик кирәк. Кояш активлыгының Җир биосферасына, аерым алганда кешеләрнең сәламәтлегенә тәэсирен өйрәнү зур әһәмияткә ия.

Кояшта булып торган күренешләрне һәръяклап өйрәнү өчен, бөтен дөньядагы күп санлы обсерваторияләрдә Кояшны системалы рәвештә күзәтәләр (*Кояшны күзәтү хезмәте)*. Кояшны күзәтүнең төп бурычларыннан берсе — Кояшта була торган кабынышларны алдан күрү (прогнозлау). Кабынышларны алдан күрү радиоэлемтәдәге өзеклекләрне үз вакытында кисәтергә һәм шулай ук космик киңлектә булган чакта кешенең иминлеген тәэмин итү өчен кирәкле чаралар күрергә юл ача.

Кояшның Җиргә тәэсирен өйрәнү күп кенә илләрдә яшәүче галимнәрнең тырышлыгын берләштерүне таләп итә. Мәсәлән, Кояш активлыгының көчле максимумы булган вакытта уздырылган «Халыкара геофизик ел» (1957—1958) һәм Кояш активлыгының минимумына туры китерелгән «Халыкара тыныч Кояш елы» (1964—1965) фән тарихына кереп калды инде. Кояшны комплекслы тикшерүләр хәзерге вакытта да дәвам ителә. Уннарча ил катнаша торган күзәтүләр Җирдәге барлык континентларда үткәрелә. Кояшта һәм Җирдә була торган процесслар турындагы мәгълүматларны Җирнең ясалма иярченнәренә һәм космик ракеталарга, тау түбәләренә һәм океан чоңгылларына урнаштырылган аппаратлар ярдәмендә алалар. Кояшны тикшерүне максат итеп куйган яңа космик проектлар эшләнә.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

**1*.** Кояш 1 с эчендә нурлар рәвешендә тараткан кадәр энергияне алу өчен, күпме ташкүмер ягарга кирәк булыр иде? **2.** Кояш нурланышының куәте иң зур гидроэлектростанцияләр егәрлегеннән ничә тапкыр артыграк? **3.** Кояш нурланышының төп төрләрен тасвирлап бирегез. **4.** Әйләнә-тирәне саклау күзлегеннән караганда, Кояш энергиясен файдалануның башка төр энергияләрдән өстенлекләре бармы? **5.** Сез Кояш активлыгының нинди геофизик чагылышларын беләсез? **6.** Кояшны комплекслы өйрәнү нинди әһәмияткә ия? **7.** Хәзерге вакытта Кояш нинди халәттә: ул тынычмы, әллә тотрыксыз хәлдәме (Кояш активлыгының 11 еллык циклында ахыргы максимум 2000—2001 елларда булуын искә төшерик)?

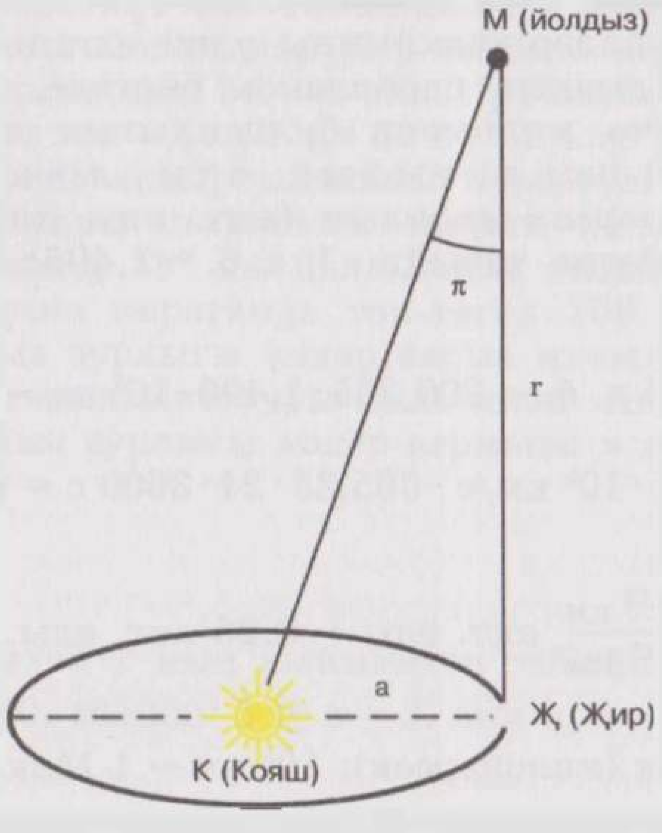
## § 22. ЙОЛДЫЗЛАРГА КАДӘР ЕРАКЛЫКЛАР

Геоцентрик дөнья системаларында гына түгел, гелиоцентрик дөнья системаларында да «хәрәкәтсез йолдызлар сферасы» дигән төшенчә булган (§ 8). Йолдызлар чыннан да шар өслегендә урнашканнар, ягъни алар барысы да бездән бер үк ераклыкта һәм бер-берсенә карата хәрәкәт итмиләр дип исәпләгәннәр. Шушы һәм моннан соңгы параграфлар бу фикернең ялгыш булуына ышандырырлар.

**1. Йолдызларга кадәр ераклыкларны билгеләү.** Сез Кояш системасындагы җисемнәргә кадәр булган ераклыкларны үлчәгәндә параллакс ысулы кулланылуын беләсез (§ 11). Ул иң якын йолдызларга кадәр ераклыкны билгеләү өчен дә яраклы. Ләкин базис сыйфатында Җир радиусы түгел, бәлки Җир орбитасының уртача радиусы файдаланыла.

Җир орбитасы йолдызга таба юнәлешкә перпендикуляр урнашканда, әлеге йолдыздан Җир орбитасының уртача радиусы ($a$) күренә торган почмак ($\pi$) йолдызның еллык параллаксы дип атала (рәс. 80). $\pi$ нең кыйммәтен билгеләү мөмкин булган очракларда йолдызга кадәр ераклык ($r$) түбәндәге формула буенча хисаплана:

$$r = \frac{a}{\sin \pi} \qquad (36)$$




**Рәс. 80. Еллык параллакс.**

π почмагы һәрвакыт бик кечкенә (1″ тан да кимрәк). Шуңа күрә (36) формуласын (51 нче битне кара) түбәндәгечә язарга мөмкин:

$$r = \frac{206\,265''a}{\pi} = \frac{206\,265''}{\pi} \text{ а. б.} \qquad (37)$$

Параллаксы 1″ ка тигез булган йолдызга кадәр ераклык **парсек** дип атала («параллакс» һәм «секунд» сүзләреннән, пк дип билгеләнә):

**1 пк = 206 265 а. б.**

Йолдызлар астрономиясендә шушы берәмлек кулланыла, чөнки йолдызларга кадәр ара ераклыгын үлчәгәндә километр түгел, хәтта астрономик берәмлек (а. б.) тә артык кечкенә булып кала. Йолдызга кадәр ераклыкны түбәндәге формула буенча парсекларда хисаплап табу ансат икәне күренә:

$$r = \frac{1}{\pi}. \qquad (38)$$

Безгә иң якын йолдыз (Кояшны исәпкә алмаганда!) *Центавр* йолдызлыгында (Центавр, яки Кентавр Проксимасы). Аның еллык параллаксы — 0,76″. Моннан бер ярым гасыр чамасы элек астрономнар, шул исәптән Пулково обсерваториясе астрономы В. Я. Струве (1793—1864), беренче тапкыр Вега йолдызына кадәр ераклыкны үлчи алганнар. Хәзер инде берничә мең йолдызның параллаксы билгеле.

Парсекта ничә километр булганлыгын ачыклыйк һәм шулай ук парсек һәм **яктылык елы**, *ягъни яктылык бер ел эчендә уза торган ераклык* (якт. елы дип билгеләрбез) арасындагы нисбәтне табыйк. 1 а. б. = $1{,}496 \cdot 10^8$ км булганлыктан,

$$1 \text{ пк} = 206\,265 \text{ а. б.} = 206\,265 \cdot 1{,}496 \cdot 10^8 \text{ км} = 3{,}08 \cdot 10^{13} \text{ км}.$$

$$1 \text{ якт. елы} = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с} \cdot 365{,}25 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} = 9{,}46 \cdot 10^{12} \text{ км}.$$

$$1 \text{ пк} = \frac{3{,}08 \cdot 10^{13} \text{ км}}{9{,}46 \cdot 10^{12} \text{ км}} \text{ якт. елы} = 3{,}26 \text{ якт. елы}.$$

$10^3$ пк = 1 кпк (килопарсек); $10^6$ пк = 1 Мпк (мегапарсек).

**8 нче мисал.** Веганың (Лира α сы) еллык параллаксы 0,12″ ка тигез. Аңа кадәр ераклык парсеклар һәм яктылык еллары белән исәпләгәндә күпме булыр?

| Бирелгән: | Чишү: |
|---|---|
| $\pi = 0{,}12''$ | $r_{пк} = \frac{1}{\pi}$. |
| $r_{пк}$ — ? | $r_{пк} = \frac{1}{0.12}$ пк $= 8{,}33$ пк. |
| $r_{якт.\ елы}$ — ? | $r_{якт.\ елы} = 3{,}26$ якт.елы $\cdot\ 8{,}33 = 27{,}1$ якт. елы. |
| | Җавап: $r_{пк} = 8{,}33$ пк. |
| | $r_{якт.\ елы} = 27{,}1$ якт. елы. |

**2. Күренмә һәм абсолют йолдызча зурлыклар.** Күк йөзе белән беренче тапкыр танышканнан соң ук инде сез йолдызларның яктылыгы бердәй түгеллеген белдегез. Борынгы грек астрономы *Гиппарх* (безнең эрага кадәр II гасыр) заманнарыннан ук «йолдызча зурлык» дигән төшенчә файдаланылган. Йолдызлар барысы да бертигез ераклыкта дип уйлап, йолдыз яктырак булган саен ул зуррак дип фараз иткәннәр. Иң якты йолдызларны беренче дәрәҗәле йолдызлар исәбенә (кыскартылган билгеләмәсе $1^m$, латинча magnitudo — зурлык дигән сүздән), ә коралсыз күз чак-чак кына аера торган йолдызларны алтынчы дәрәҗәле йолдызлар ($6^m$) исәбенә керткәннәр. Хәзер без йолдызча зурлыкның һич тә аның үлчәмнәрен күрсәтмәвен, ә аның яктылык дәрәҗәсен, ягъни йолдыз Җирдә барлыкка китергән яктыртылышны күрсәтүен беләбез. Ләкин йолдыз зурлыклары шкаласын саклап калганнар һәм аңа төгәллек керткәннәр. $1^m$ лы йолдызның яктылык дәрәҗәсе $6^m$ лы йолдызныкына караганда төп-төгәл 100 тапкыр зуррак. Димәк, 5 йолдыз зурлыгы кадәр аерма яктылык дәрәҗәсенең 100 тапкырлы аермасына туры килә икән. Яктылык дәрәҗәсе буенча бер йолдыз зурлыгы кадәр аерманы $x$ дип билгелик, ул чагында

$$x^5 = 100.$$

Бу тигезләмәдән $x$ ның кыйммәтен табыйк:

$5 \lg x = \lg 100$, моннан $5 \lg x = 2$, яки $\lg x = 0{,}4$. Ул чагында $x = 2{,}512$.

Әгәр йолдызча зурлыгы $m_1$ булган йолдызның яктылык дәрәҗәсен $I_1$ дип, ә йолдызча зурлыгы $m_2$ булган йолдызның яктылык дәрәҗәсен $I_2$ дип билгеләсәк:

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}. \quad (39)$$

Яктылык дәрәҗәләре $1^m$ зурлыгындагы йолдызларныкыннан артык булган яктырткычларның йолдызча зурлыгы нуль һәм тискәре саннар белән күрсәтелә ($0^m$, $-1^m$ h. б.). Берничә иң якты йолдыз һәм планеталар һәм, әлбәттә, Кояш белән Ай шулар исәбенә керә. Йолдызча зурлыклар шкаласы гади күзгә күренми торган йолдызлар ягына да дәвам иттерелә. $7^m$, $8^m$ h. б. зурлыктагы йолдызлар да бар. Йолдызның яктылык дәрәҗәсен төгәлрәк бәяләү өчен, вакланмалы йолдызча зурлыклар файдаланыла; $2,31^m$; $7,1^m$; $6,2^m$; $14,5^m$ h. б.

**9 нчы мисал.** Капелла йолдызы Денебтан ничә тапкыр яктырак?

Таблицадан (X кушымтаны карагыз) Капелланың һәм Денебның йолдызча зурлыкларын табабыз *($m_1 = +0,2^m$* һәм *$m_2 = +1,3^m$*).

| Бирелгән: | Чишү: |
|---|---|
| $m_1 = +0,2^m$<br>$m_2 = +1,3^m$ | $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$. |
| $\frac{I_1}{I_2}$ — ? | $\lg\frac{I_1}{I_2} = (m_2 - m_1)\lg 2,512$, $\lg\frac{I_1}{I_2} 2,512 = 0,4$<br>булганлыктан, Капелла белән Денеб өчен:<br>$\lg\frac{I_1}{I_2} = 0,4 \cdot 1,1 = 0,44$; $\frac{I_1}{I_2} = 2,75$.<br>Җавап: $\frac{I_1}{I_2} = 2,75$. |

Йолдызлар бездән төрле ераклыкта булганлыктан, аларның күренмә йолдызча зурлыгы яктыртучанлыгы *(нурланыш егәрлеге)* турында берни дә сөйләми. Шуңа күрә астрономиядә «күренмә йолдызча зурлык» дигән төшенчәдән башка, «абсолют йолдызча зурлык» дигән төшенчә дә файдаланыла.

*Йолдызлар бездән бертигез ераклыкта ($r_0$ = 10 пк) урнашкан дип фараз итсәк, бу вакытта алар ия булган йолдызча зурлыклар абсолют йолдызча зурлыклар дип атала.*

Теге яки бу йолдыз бездән $r$ кадәр ераклыкта урнашкан, ди. Аның күренмә йолдызча зурлыгын $m$ белән, абсолют йолдызча зурлыгын $M$ белән билгелик. (39) формуласыннан файдаланып, түбәндәгечә язабыз:

$$\frac{I}{I_0} = 2,512^{(M-m)},$$

биредә $I$ һәм $I_0$ — йолдызның $r$ һәм $r_0 = 10$ пк ераклыкларындагы яктырту дәрәҗәсе. Яктыртылыш ераклык квадратына кире пропорциональ рәвештә үзгәргәнлектән,

$$\frac{I}{I_0} = \frac{r_0^2}{r^2}, \text{ яки } \frac{I}{I_0} = \frac{10^2}{r^2}.$$

Шуңа күрә

$$\frac{10^2}{r^2} = 2,512^{(M-m)}.$$

Моннан логарифмлап табабыз:

$2 - 2 \lg r = 0,4\ (M - m)$, яки $M - m = 5 - 5 \lg r$.

Ул вакытта:

$$M = m + 5 - 5 \lg r. \qquad (40)$$

Әгәр күренмә йолдызча зурлык һәм йолдызга кадәр ераклык билгеле булса, абсолют йолдызча зурлыкны (40) формуласы буенча хисаплап табарга мөмкин. Кояшның абсолют йолдызча зурлыгы $M_{\odot} = +4,8^m$.

Әгәр йолдызның абсолют йолдызча зурлыгы башка ысул белән, мәсәлән, йолдызның спектры буенча билгеләнгән булса, (40) формуласыннан йолдызга кадәр ераклыкны табарга мөмкин:

$$\lg r = \frac{m - M + 5}{5} = 0,2(m - M) + 1. \qquad (41)$$

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

**1.** Йолдызларның еллык параллаксын билгеләгәндә, базис сыйфатында нәрсә файдаланыла? Ни өчен? **2.** Йолдызларга кадәр ераклыкны үлчәгәндә, нинди берәмлекләр кулланыла? **3.** Тизлеген 17 км/с ка җиткерә ала торган космик корабль Центавр Проксимасына күпме вакыттан барып җитәр иде? **4.** Сириус Тимерказык йолдызыннан ничә тапкыр яктырак? **5*.** Бер якты йолдызның экваториаль координатлары $\alpha = 18^{сәг}\ 37^{м}$, $\delta = +38°47'$. Ул кайсы йолдыз? Әгәр аның күренмә һәм абсолют йолдызча зурлыклары тиңдәшле рәвештә $0,1^m$ һәм $0,5^m$ икәнлеге билгеле булса, бу йолдызга кадәр ераклыкны парсекларда хисаплап чыгарыгыз. **6.** Йолдызларга кадәр ераклыкны билгеләүнең нинди ике ысулын беләсез?

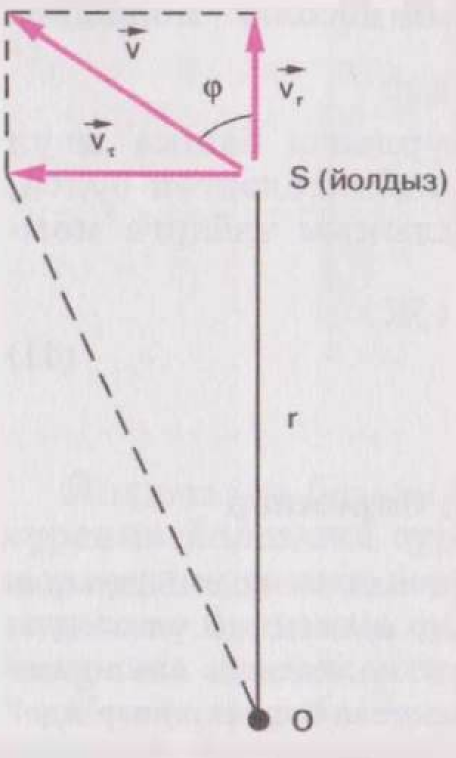
## § 23. ЙОЛДЫЗЛАРНЫҢ ФӘЗА (ПРОСТРАНСТВО) ТИЗЛЕКЛӘРЕ

**1. Кереш.** Йолдызлар бездән төрле ераклыкларда урнашканнар, ягъни берниндн дә йолдызлар сферасы юк. Ләкин хәрәкәтсез йолдызлар да юк. Астрономик күзәтүләр йолдызларның хәрәкәт итүен күрсәтәләр. Йолдызның Кояшка карата фәзада хәрәкәте тизлеген ф ә з а  т и з л е г е дип атарбыз. Берәр йолдызның фәза тизлеге векторын $\vec{\upsilon}$ белән билгелик (рәс. 81). Аны ике төзүче векторның суммасы дип күрсәтергә мөмкин, аларның берсе (т а н г е н ц и а л ь  т и з л е к $\bar{\upsilon}_\tau$) күрү нурына (ягъни йолдыздан күзәтүчегә таба юнәлешкә) перпендикуляр, ә икенчесе күрү нуры буенча юнәлгән (н у р  т и з л е г е $\bar{\upsilon}_\tau$). Ул вакытта Пифагор теоремасы буенча фәза тизлегенең модуле

$$\upsilon = \upsilon^2_\tau + \upsilon^2_r \text{ булыр.} \qquad (42)$$

$\bar{\upsilon}_\tau$ һәм $\bar{\upsilon}_r$ векторларының модульләрен билгеләү ысулларын карап китик.

**1*. Йолдызларның үз хәрәкәтләре һәм тангенциаль тизлекләре.** XVIII гасырда ук инде йолдызларның экваториаль координаталары озак вакытлар үтү белән үзгәргәнлеге аермачык билгеле булды. Бу күренешнең сәбәпләреннән берсе — йолдызларның Галәм фәзасында хәрәкәт итүе. Йолдызның күк гөмбәзендә бер ел эчендә почмакча күчеше аның ү з  х ә р ә к ә т е дип атала. Ул бер ел эчендә үтелгән дуга секундлары белән үлчәнә һәм μ хәрефе белән билгеләнә. *Еланлы* йолдызлыгындагы Б а р н а р д йолдызының үз хәрәкәте иң зур булып исәпләнә, аның өчен $\mu = 10{,}3''$ μ ны белгән хәлдә, тангенциаль тизлекнең модулен ($\upsilon_\tau$) хисаплап чыгарырга мөмкин. Дөрестән дә, йолдызга кадәр булган $r$ ераклыгына йолдызның параллаксы π туры килә.




**Рәс. 81. Йолдызның фәзадагы (пространстводагы) тизлеге.**

Әгәр π радианнарда күрсәтелсә, $r = \frac{a}{\pi}$, биредә $a = 1$ а. б. Йолдызның шулай ук радианнарда күрсәтелгән үзхәрәкәте μ га $r\mu$ зурлыгындагы сызыкча күчеш туры килә. Югарыда әйткәннәрне исәп-

кә алсак, $r\mu = a\frac{\mu}{\pi}$. Йолдызның бер ел эчендәге күчешен белеп, бу күчешне бер елга тигез булган $t_0$ вакытына бүлеп, $\upsilon_\tau$ тизлеген табарга мөмкин:

$$\upsilon_\tau = a\frac{\mu}{\pi t_0}.$$

1 а. б. = 1,496 · $10^8$ км, ә $t_0 = 3{,}16 \cdot 10^7$ с булганлыктан, секундка километрлар белән күрсәтелгән тангенциаль тизлек түбәндәгечә булыр:

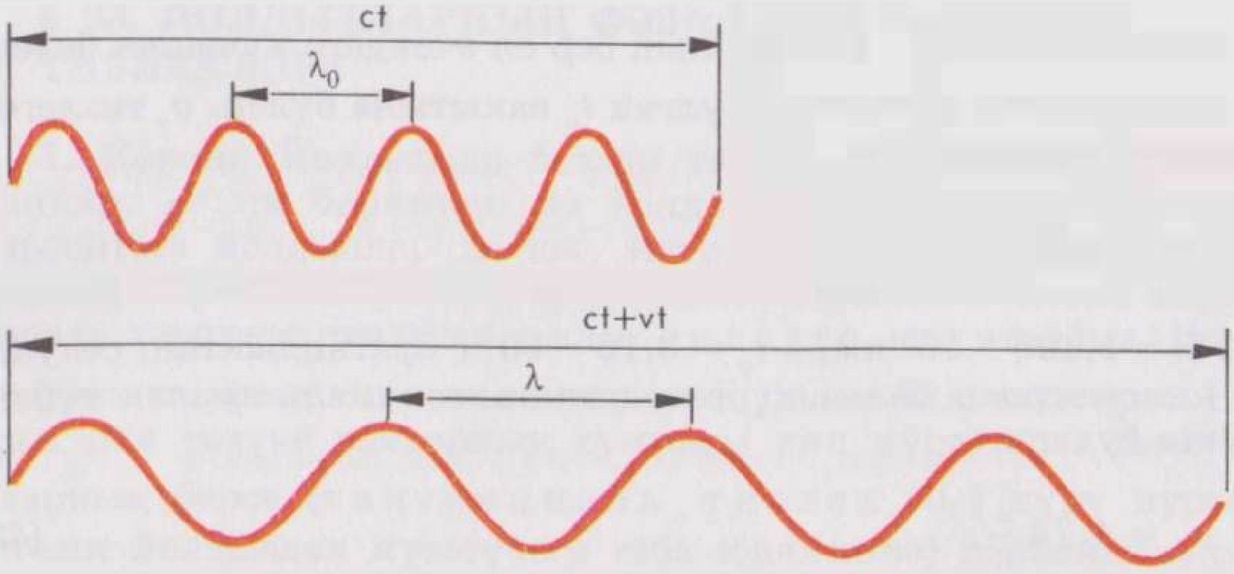
$$\upsilon_\tau = 4{,}74\frac{\mu}{\pi}. \quad (43)$$

**2. Доплер эффекты һәм йолдызларның нур буенча тизлеген билгеләү.** Нур буенча тизлекне йолдызларның спектрлары буенча билгелик. Бу вакытта Доплер эффекты дип аталган күренештән файдаланалар. Доплер эффектының асылы шуннан гыйбарәт: *күзәтүчегә якынлаша торган чыганак спектрындагы сызыклар спектрның миләүшә төсе ягына, ә ераклаша торган чыганак спектрындагы сызыклар спектрның кызыл ягына таба тайпылалар* (хәрәкәтсез чыганак спектрындагы сызыклар белән чагыштырганда). Күзәтүче кабул иткән нурланыш ешлыгы нилектән үзгәрә соң? Чыганактан алып күзәтүчегә кадәр ара $ct$ булды, ди (биредә $c$ — яктылык тизлеге, $t$ — күзәтүчегә кадәр араны яктылык үткән вакыт). $t$ кадәр вакыт эчендә чыганак $\nu_0 t$ санынча дулкыннар чыгара ($\nu_0$ — нурланыш ешлыгы). Әгәр чыганак хәрәкәтсез торса, $ct$ кисемтәсендә $\nu_0 t$ санынча дулкыннар урнашып бетә. Ләкин әгәр дә чыганак хәрәкәт итә икән (мәсәлән, $\upsilon_r$ тизлеге белән ераклаша икән), $\nu_0 t$ санынча дулкыннар $ct + \upsilon_r t$ кадәр булган кисемтәгә урнашачаклар. Ешлыктан дулкын озынлыгына күчик (рәс. 82). Күзәтүче хәрәкәтсез чыганактан кабул иткән дулкын озынлыгы $\lambda_0 = \frac{ct}{\nu_0 t}$, була (яки сезгә физикадан билгеле булган $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$ чагыштырмасы), ә күзәтүче ераклаша торган чыганактан кабул иткән дулкын озынлыгы $\lambda = \frac{ct+\upsilon_r t}{\nu_0 t}$ булачак.

Ул вакытта $\Delta\lambda$ га тигез булган тайпылыш түбәндәгечә:

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{ct+\upsilon_r t}{\nu_0 t} - \frac{ct}{\nu_0 t},$$

ягъни $\Delta\lambda = \frac{\upsilon_r}{\nu_0}$, яки $\Delta\lambda = \lambda_0\frac{\upsilon_r}{c}$.




**Рәс. 82. Доплер эффектын аңлатуга карата.**

Моннан

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c. \qquad (44)$$

Бу — нур буенча тизлекләрне хисаплау формуласы. Аңардан күренгәнчә, $v_r$ ны билгеләү өчен спектр сызыгының т а й п ы л ы ш ы н үлчәргә, ягъни йолдыз спектрындагы шул ук сызыкның урыны белән чагыштырырга кирәк. Ераклаша баручы чыганакның нур буенча тизлеге — п л ю с билгесе белән, ә якынлашып килүче чыганакның м и н у с билгесе белән килеп чыга.

Хәзерге вакытта күп кенә йолдызларның нур буенча тизлекләре һәм үзхәрәкәтләре билгеләнгән. Үзхәрәкәтләрне үлчәүгә караганда, нур буенча тизлекләрне үлчәү ансатрак та, тизрәк тә.

**10 нчы мисал.** Бер йолдызның спектрында $5{,}5 \cdot 10^{-4}$ мм лы дулкын озынлыгына туры килгән сызык спектрның миләүшә төсе ягына $5{,}5 \cdot 10^{-8}$ мм га тайпылган. Йолдызның нур буенча тизлеген табарга.

| Бирелгән: | Чишү: |
|---|---|
| $\lambda_0 = 5{,}5 \cdot 10^{-4}$ мм | $v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c.$ |
| $\Delta\lambda = 5{,}5 \cdot 10^{-8}$ мм | |
| $v_r$ — ? | $v_r = \left(\frac{5{,}5 \cdot 10^{-8} \text{мм}}{5{,}5 \cdot 10^{-4} \text{мм}}\right) \cdot 3 \cdot 10^5$ км/с. |

$\upsilon_r \approx 30$ км/с.

Җавап:

$\upsilon_r \approx 30$ км/с. Тайпылыш спектрның миләүшә төсе ягына таба булганлыктан, әлеге йолдыз күзәтүчегә якынлаша дигән сүз, ягъни $\upsilon_r = -30$ км/с.

**Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр**

1. Йолдызның фәзадагы тизлеген билгеләү өчен нәрсә белергә кирәк? 2*. Йолдызның тангенциаль тизлеген билгеләү өчен нәрсә белергә кирәк? 3. Доплер эффекты нәрсәдән гыйбарәт? Сезгә аның тавыш ешлыклары диапазонында нинди чагылышы таныш? 4. Йолдызның нур буенча тизлеген билгеләү өчен нәрсә белергә кирәк? 5. «Хәрәкәтсез йолдызлар сферасының», гомумән, булмавын исбатлагыз. 6*. Альдебаран йолдызының параллаксы 0,05″, үзхәрәкәте елына 0,2″, ә нур буенча тизлеге +54 км/с икәнен белеп, аның фәза тизлеген хисаплап табыгыз.

## § 24. ЙОЛДЫЗЛАРНЫҢ ФИЗИК ТАБИГАТЕ

Сез инде йолдызларның ерактагы кояшлар булуын беләсез, шуңа күрә, йолдызларның табигатен өйрәнгәндә, без аларның физик характеристикаларын Кояшныкы белән чагыштырырбыз.

**1. Йолдызларның төсе һәм температурасы.** Йолдызлар сибелгән күк йөзен күзәткәндә сез, ихтимал, аларның *төрле төстә* булуын күреп алгансыздыр. Кызган металлның төсенә карап, аның температурасы хакында фикер йөртеп булган кебек, йолдызның да төсе аның фотосферасының төсе турында сөйли. Сез нурланышның максималь дулкын озынлыгы белән температура арасында билгеле бер бәйлелек булганлыгын беләсез (29). Төрле йолдызларда нурланышның максимумы төрле дулкын озынлыкларына туры килә. Мәсәлән, безнең *Кояш — сары йолдыз.* Температурасы 6000 К чамасы булган Капелла да шундый ук төстә. 3500—4000 К температурага ия булган йолдызлар *кызгылтрак төстә (Альдебаран). Кызыл йолдызларның* температурасы якынча 3000 К. Хәзерге вакытта билгеле булган иң салкын йолдызларның температурасы 2000 К нан да түбәнрәк. Мондый йолдызларны спектрның инфракызыл өлешендә күзәтәләр.

Кояшка караганда эссерәк булган йолдызлар да күп. Мәсәлән, *ак йолдызлар (Спика, Сириус, Вега)* шулар исәбенә керә. Аларның температурасы $10^4 - 2 \cdot 10^4$ К тирәсе. Зәңгәрсу-ак

төстәге йолдызлар сирәгрәк очрый, аларның фотосферасында температура $3 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^4$ К. Йолдызлар эчендәге температура $10^7$ К нан да ким түгел.

**2. Йолдызларның спектрлары һәм химик составы.** Йолдызларның табигате турындагы иң мөһим мәгълүматларны астрономнар аларның спектрын ачыклау юлы белән алалар. Күпчелек йолдызларның спектрлары, Кояш спектры кебек үк, *йотылу спектрыннан* гыйбарәт: аңарда тоташ спектр җирлегендә караңгы сызыклар күренә.

Йолдызларның үзара охшаш спектрлары төп җиде *спектр классларына* бүлеп карала. Аларны латин алфавитының баш хәрефләре белән билгеләп йөртәләр:

O — B — A— F —G — K — M.

Бу эзлеклелектә сулдан уңга таба барганда йолдызның төсе күкселдән (O классы) акка (A классы), сарыга (G классы), кызылга (M классы) алмашына. Димәк, йолдызларның температурасы шушы ук юнәлештә класстан класска кими бара икән.

Шул рәвешле, спектраль классларның эзлеклелеге йолдызларның төсендә һәм температурасында булган аерманы чагылдыра, һәр классның үз эчендә тагын ун субкласска бүленеш бар. Мәсәлән, F спектраль классының түбәндәге субкласслары була:

**F0 — F1 — F2 — F3 — F4 — F5 — F6 — F7 — F8 — F9.**

Кояш G2 спектраль классына карый.

Йолдызлар атмосферасы, нигездә, охшаш химик составка ия: аларда да, Кояштагы кебек, иң күп таралган элемент водород белән *гелий* икән. *Йолдыз спектрларының төрлелеге иң элек йолдызларның төрле температурага ия булуларыннан килә.* Йолдыз атмосфераларында матдә атомнарының физик халәте һәм спектрның күренеше температурага бәйле. Температура югары булмаган очракта (кызыл йолдызлар) йолдыз атмосфераларында нейтраль атомнар һәм хәтта иң гади молекуляр кушылмалар да ($C_2$, CN, TiO, ZrO h. б.) очрарга мөмкин. Бик эссе йолдызларның атмосфераларында ионлашкан атомнар өстенлек итә.

Йолдызның спектры, температурадан тыш, аның фотосферасындагы газның басымы һәм тыгызлыгы, магнит кыры булу, химик төзелешнең үзенчәлекләре белән дә билгеләнә.

**3. Йолдызларның яктыртучанлыгы.** Кояш кебек үк, йолдызлар да электромагнитик тирбәнешләрнең барлык дулкын озынлыклары диапазонында энергия нурландырып тараталар. Сез яктыртучанлыкның ($L$) йолдыз нурланышының

гомуми егәрлегән күрсәтүен һәм аның иң мөһим характеристикаларыннан берсе булуын беләсез. Яктыртучанлык йолдызның (фотосфераның) өслек мәйданына (яки $R$ радиусының квадратына) һәм фотосферадагы эффектив температураның ($T$) дүртенче дәрәҗәсенә пропорциональ (26, 27 нче формулаларны карагыз), ягъни:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4. \qquad (45)$$

Абсолют йолдызча зурлыкларны йолдызларның яктыртучанлыгы белән бәйли торган формула йолдызның яктылык дәрәҗәсе белән күренмә йолдызча зурлыгы арасындагы нисбәткә охшаган (39), ягъни:

$$\frac{L_1}{L_2} = 2{,}512^{(M_2 - M_1)}, \qquad (46)$$

биредә $L_1$ һәм $L_2$ — ике йолдызның яктыртучанлыклары, ә $M_1$ һәм $M_2$ — аларның абсолют йолдызча зурлыклары.

Әгәр йолдызларның берсе урынына Кояшны алсак, ул вакытта:

$$\frac{L}{L_\odot} = 2{,}512^{(M_\odot - M)}, \qquad (46')$$

биредә күрсәткече (индексы) булмаган хәрефләр теләсә кайсы йолдызга, ә $\odot$ тамгасы куелганнары Кояшка карый.

Кояшны яктыртучанлык берәмлеге дип кабул итсәк, ($L_\odot = 1$), табабыз:

$$L = 2{,}512^{(M_\odot - M)},$$

яки

$$\lg L = 0{,}4\,(M_\odot - M). \qquad (47)$$

(47) формуласы буенча абсолют йолдызча зурлыгы билгеле булган теләсә кайсы йолдызның яктыртучанлыгын хисаплап чыгарырга мөмкин.

**11 нче мисал.** Әгәр Сириусның күренмә йолдызча зурлыгы $-1{,}6^m$ икәнлеге һәм аңардан Җиргә кадәр яктылыкның 8,7 ел эчендә килүе билгеле булса, бу йолдызның яктыртучанлыгын хисаплап чыгарырга.

| Бирелгән: | Чишү: |
|---|---|
| $m = -1{,}6^m$ | $\lg L = 0{,}4\,(M_\odot - M)$, |
| $r = \frac{8{,}7}{3{,}26}$ пк $=$ | $M = m + 5 - 5\lg r$, |
| $= 2{,}7$ пк | $M = -1{,}6 + 5 - 5\lg 2{,}7 = 3{,}4 - 5 \cdot 0{,}4 = 1{,}4$; $M = 1{,}4^m$. |
| $M_\odot = 4{,}8^m$ | $\lg L = 0{,}4\,(4{,}8 - 1{,}4) = 1{,}4, \quad L = 25$. |
| $L$ — ? | Җавап: $L = 25\,L_\odot$. |

Йолдызларның яктыртучанлыгы төрлечә. Яктыртучанлыгы Кояшныкыннан йөзләрчә һәм меңнәрчә тапкыр артыграк булган йолдызлар да билгеле. Мәсәлән, Үгезбозау $\alpha$ сы (Альдебаран) яктыртучанлыгы Кояшныкына караганда, 160 тапкыр зуррак ($L \approx 160\,L_\odot$); Ригельнең (Орион $\beta$ сы) яктыртучанлыгы $L = 80\,000\,L_\odot$.

Йолдызларның зур күпчелеге ия булган яктыртучанлык Кояшның яктыртучанлыгы белән бер чама яки аннан кимрәк тә; мәсәлән, Крюгер 60А дигән исем белән билгеле йолдызның яктыртучанлыгы $L \approx 0{,}006\,L_\odot$.

**4. Йолдызларның радиуслары.** Хәзерге вакытта, астрономик күзәтүләрнең иң яңа техникасын эшкә җигеп, берничә йолдызның гына почмакча диаметрларын үлчи һәм, ераклыкны белеп, аларның сызыкча зурлыгын хисаплый алдылар. Астрономнар йолдызларның радиусын нигездә башка ысуллар белән билгелиләр. Шуларның берсен (45) формуласы бирә. Әгәр йолдызның яктыртучанлыгы $L$ һәм эффектив температурасы $T$ билгеле булса, *йолдызның радиусы $R$ ны, аның күләмен* һәм *фотосферасының мәйданын* хисаплап чыгарырга мөмкин.

Күп кенә йолдызларның радиусын билгеләгәч, астрономнар зурлык ягыннан Кояштан бик нык аерыла торган йолдызларның да булуына ышандылар. Супергигантларның үлчәмнәре иң зур. Аларның радиусы Кояш радиусыннан йөзләрчә тапкыр зуррак. Мәсәлән, *vv Цефея* йолдызының радиусы Кояшныкыннан кимендә 1200 тапкыр артыграк. Радиуслары Кояш радиусыннан уннарча тапкыр зуррак булган йолдызларны гигантлар дип атыйлар. Үлчәмнәре ягыннан Кояшка якын яки Кояштан кечкенәрәк булган йолдызларны кәрләләр исәбенә кертәләр. Кәрләләр арасында Җирдән, хәтта Айдан да кечкенәрәк йолдызлар бар. Үлчәмнәре моннан да кечкенәрәк булган йолдызлар да ачылды (§ 26 ны карагыз).

**5. Йолдызларның массалары.** *Йолдызның массасы — аның иң мөһим характеристикаларыннан берсе.* Йолдызларның массалары күптөрле. Ләкин, яктыртучанлык һәм үлчәмнәрдән аермалы буларак, йолдызларның массалары чагыштырмача тар чикләрдән чыкмый: иң зур массалы йолдызлар, гадәттә, Кояш-

тан уннарча тапкыр гына зуррак, ә йолдызларның иң кечкенә массасы 0,06 $M_{\odot}$ чамасы. Йолдызларның массасын билгеләүдә төп методны куш йолдызларны (§ 26) тикшерү бирә; йолдызның *яктыртучанлыгы белән массасы* арасында бәйлелек булуы ачыкланды (§ 25).

**6. Йолдызларның уртача тыгызлыклары.** Йолдызларның үлчәмнәре аларның массаларына караганда, шактый күбрәк аерылганлыктан, йолдызларның уртача тыгызлыклары да бер-берсеннән нык аерыла. Гигантларның һәм супергигантларның тыгызлыгы бик кечкенә. Мәсәлән, Бетельгейзеның тыгызлыгы $10^{-3}$ кг/м$^3$ чамасында. Шуның белән бергә, гадәттән тыш тыгыз йолдызлар да бар. Үлчәмнәре зур булмаган ак кәрләләр шулар исәбенә керә (аларның төсе югары температурадан килә). Мәсәлән, Сириус В дигән ак кәрләнең тыгызлыгы $4 \cdot 10^7$ кг/м$^3$ тан да артып китә. Хәзерге вакытта моңа караганда да тыгызрак ак кәрләләр ($10^{10}$—$10^{11}$ кг/м$^3$) билгеле булды. Ак кәрләләрнең мондый гаять зур тыгызлыгы бу йолдызлар матдәсенең үзенә бертөрле үзлекләре белән аңлатыла: ул матдә атом төшләреннән һәм алардан аерып алынган электроннардан тора. Ак кәрләләр матдәсендә атом төшләре арасындагы ераклыклар без Җирдә очрата торган гадәттәге каты һәм сыек җисемнәрдәгегә караганда уннарча, хәтта йөзләрчә тапкыр кечкенәрәк. Бу матдәнең агрегат халәтен сыек дип тә, каты дип тә булмый, чөнки ак кәрләнең атомнары җимерелгән, таркалган. Бу матдә газга яки плазмага да охшап җитми. Тик шулай да, хәтта тыгыз кәрлә кисәкчекләре арасындагы ераклыклар да атом төшләренең яки электроннарның үзләренә караганда күп тапкырлар зуррак булуын исәпкә алып, ул матдәне «газ» дип исәпләргә килешкәннәр.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

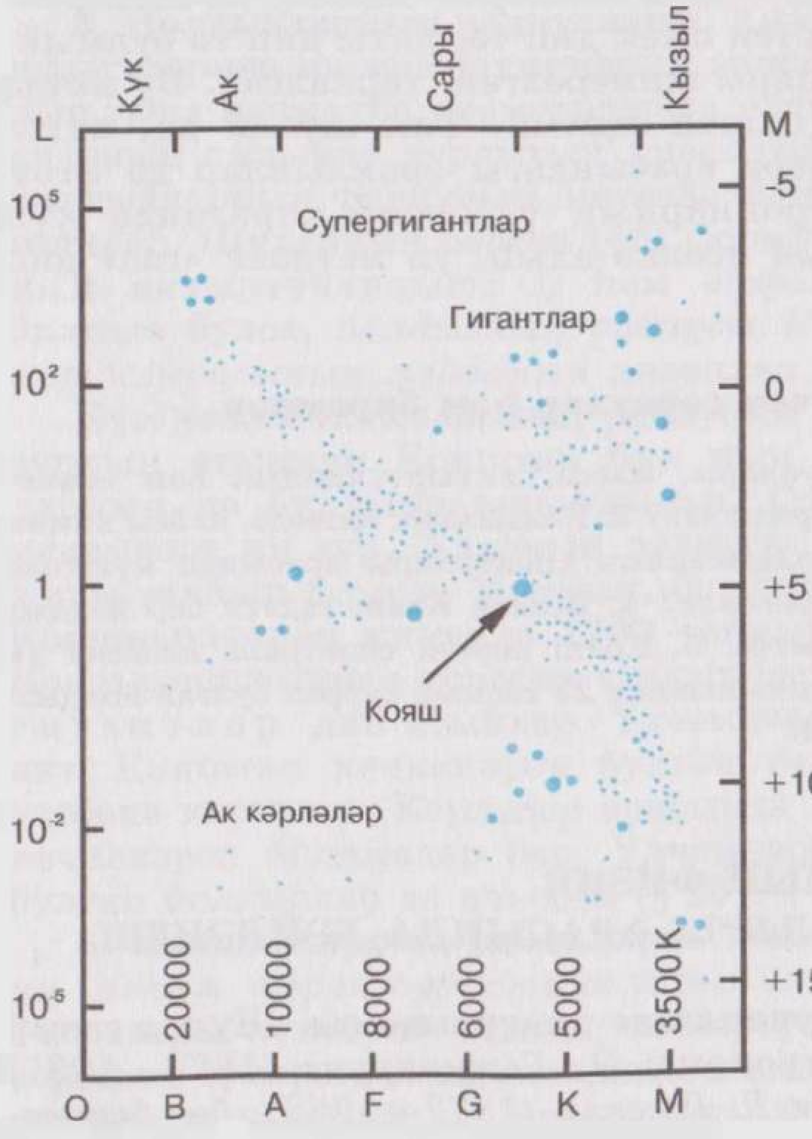
1. Йолдызларның радиуслары, масса, яктыртучанлык һәм температуралары нинди чикләрдә урнашкан? 2. Йолдызлар, нигездә, кайсы химик элементлардан тора? 3. Йолдызларның спектрлары арасында күзәтелә торган аерма нәрсә белән аңлатыла? 4. Безнең Кояш гадәти бер йолдыз дигән фикерне нигезләп бирегез. 5. Кояш кергән спектраль класска ук караган, ләкин радиусы Кояшныкыннан 25 тапкыр зуррак булган йолдызның яктыртучанлыгы нинди?

## § 25. ЙОЛДЫЗЛАРНЫҢ ФИЗИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРЫ АРАСЫНДА БӘЙЛӘНЕШ

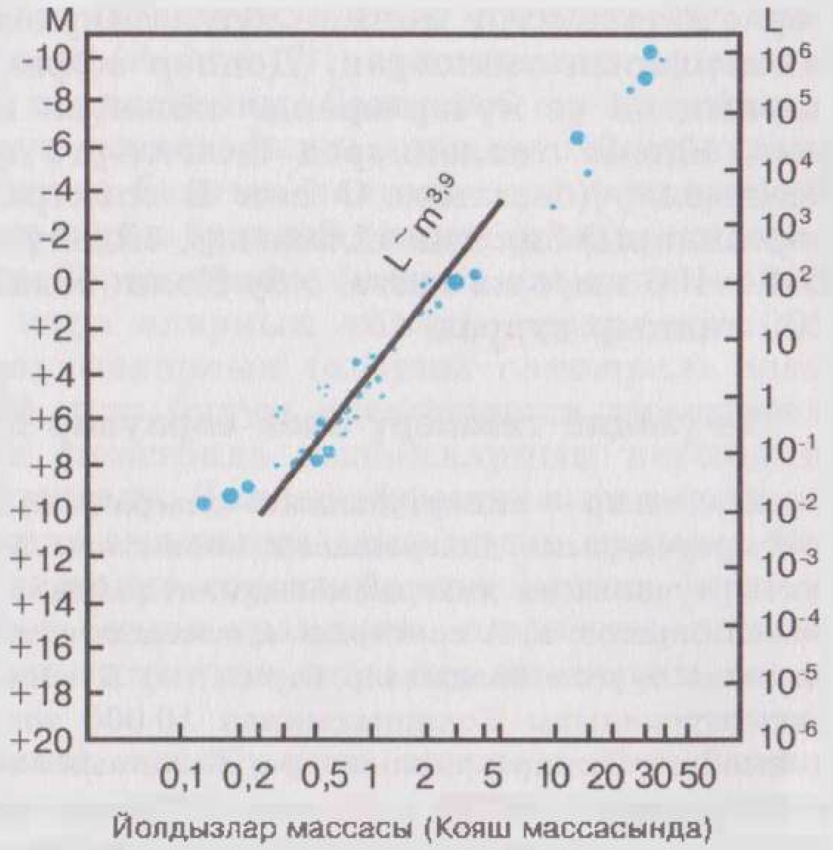
**1. «Спектр — яктыртучанлык» диаграммасы.** Шушы гасыр башында Голландия астрономы *Э. Герцшпрунг* (1873—1967) һәм америкалы астроном *Г. Ресселл* (1877—1957), бер-берсен-

нән бәйсез рәвештә, йолдызларның спектрлары һәм яктыртучанлыклары арасында бәйлелек барлыгын ачалар. Күзәту нәтиҗәләрен чагыштыру юлы белән табылган бу бәйлелек диаграммада күрсәтелгән (рәс. 83): горизонталь күчәр буенча *йолдызларның спектраль класслары* (яки *температуралары*), ә вертикаль күчәр буенча *яктыртучанлыгы* (яки *абсолют йолдызча зурлыклары*) салынган.

«Спектр — яктыртучанлык» диаграммасы яки Герцшпрунг — Ресселл (Г — Р) диаграммасы дип аталган бу диаграммада һәр йолдызга бер нокта туры килә. Әгәр дә йолдызларның спектраль класслары һәм яктыртучанлыклары берберсенә бәйсез физик характеристикалар булып чыкса, диаграммадагы нокталар урнашуында закончалык булмас иде. Ләкин диаграммада нокталар берничә өлкә чикләрендә төркемтөркем булып оешалар. Бу өлкәләрне эзлеклелекләр дип атадылар. Йолдызларның иң зур күпчелеге эссе супергигантлардан алып кызыл төстәге салкын кәрләләргә кадәр җәелгән *төп эзлеклелеккә* керә. Төп эзлеклелекне күздән кичерсәк, аңа кергән йолдызлар эссерәк булган саен, аларның яктырту-




Рәс. 83. «Спектр — яктыртучанлык» диаграммасы.




**Рәс. 84. «Масса — яктыртучанлык» диаграммасы.**

чанлыгы зуррак икәнлеген күрә алабыз. Диаграмманың төрле өлешләрендә, төп эзлеклелектән аерымланып, *гигантлар*, *супергигантлар* һәм *ак кәрләләр* төркем-төркем булып урнашканнар.

«Спектр — яктыртучанлык» диаграммасы теге яки бу спектраль класс йолдызларының яктыртучанлыгы теләсә ничек була алмавын һәм, киресенчә, билгеле бер яктыртучанлыкка ия булган йолдызларның температурасы теләсә күпме була алмаганлыгын күрсәтә.

«Спектр — яктыртучанлык» диаграммасы *йолдызлар дөньясындагы* мөһим *закончалыкны* чагылдыра, аңа таянып, астрономнар йолдызларның эволюциясен өйрәнәләр (§ 31).

**2. «Масса — яктыртучанлык» бәйлелеге.** Йолдызның массасы һәм аның яктыртучанлыгы арасында бәйлелек бар. Бер күчәрендә *йолдызларның массасы*, ә икенчесендә аларның *яктыртучанлыгы* (яки *абсолют йолдызча зурлыклары*) салынган диаграмма (рәс. 84) моны бик ачык сурәтли. Диаграммадан күренгәнчә, йолдызның массасы зуррак булган саен, аның яктыртучанлыгы да зуррак. Яктыртучанлык йолдыз массасының чама белән дүртенче дәрәҗәсенә ($L \sim m^4$) пропорциональ.

**3*. Төрле спектраль класс йолдызларының әйләнүе.** Сез Кояшыбызның үз күчәре тирәли әйләнүен беләсез, һәм аның әйләнүе фотосферадагы детальләрнең (мәсәлән, тапларның) күчүеннән җиңел күреп белеп була. Иң якын дигән йолдызларда да, хәтта хәзерге иң зур телескоплардан карап та, берәр

төрле деталь күрү мөмкин түгел диярлек. Ләкин йолдызларның спектрларын тикшереп, Доплер эффекты нигезендә, йолдызларның да үз күчәрләрендә әйләнүен исбат итәргә, һәм аларның әйләнү тизлекләрен билгеләргә мөмкин булды. Кайбер йолдызлар (башлыча O һәм B спектраль классларына карый торганнары) бик тиз әйләнәләр, әйләнү тизлеге экваторларында 200—400 км/с ка җитә, ә бу Кояш белән чагыштырганда 100—200 тапкыр зуррак.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. «Спектр — яктыртучанлык» диаграммасы ничек төзелә? 2. «Спектр — яктыртучанлык» диаграммасы кайсы ягы белән кызыклы? «Спектр — яктыртучанлык» диаграммасыннан файдаланып, түбәндәге сорауларга җавап бирегез: а) A спектраль классында абсолют йолдызча зурлыгы $+4^m$ га тигез булган йолдызлар бармы? б) B спектраль классы йолдызының яктыртучанлыгы Кояшныкыннан 10 000 тапкыр зуррак булырга мөмкинме? в) Яктыртучанлыклары Кояшныкыннан 100 тапкыр зуррак, ә температурасы 30 000 К булган йолдызлар буламы? 3. Яктыртучанлык йолдызның үлчәмнәре белән ничек бәйләнгән? 4. «Масса — яктыртучанлык» диаграммасы ничек төзелә? 5. Кайсы спектраль класс йолдызларының массасы аеруча зур? 6. Кайсы спектраль классларга карый торган йолдызларның күчәрләрендә әйләнү тизлеге зуррак? 7. Бүген кич белән кайсы йолдызлыклар һәм аеруча якты йолдызлар күренә?

## § 26. КУШ ЙОЛДЫЗЛАР

**1. Оптик куш йолдызлар һәм физик куш йолдызлар.** Мицар *Зур Җидегәннең* («чүмеч» сабы уртасындагы йолдыз) янында ук тонык кына бер йолдызны ($5^m$) — Алькорны шәйләп була. Мицар белән Алькор арасындагы почмакча ераклык 12′ тирәсе, ә бу йолдызлар арасындагы сызыкча ераклык чама белән $1,7 \cdot 10^4$ а. б. Бу — *физик куш йолдызларга* мисал. Мицар һәм Алькор *оптик куш йолдызлар* буларак күк гөмбәзенә янәшә проекцияләнеп кенә калмый, ә бәлки уртак массалар тирәли хәрәкәтләнәләр дә. Мондый физик куш йолдызлар системасының әйләнү периоды $2 \cdot 10^6$ ел чамасы. Гадәттә исә тартылу (гравитация) көчләре йолдызлар (*куш системаны төзүчеләр)* парларын бер-беренә ныграк бәйли һәм бу йолдызларның әйләнү периоды йөз елдан артмый, кайчагында шактый кыскарак та була. Телескоптан Мицарның да куш йолдыз булуы күренә.

*Парлап урнашу* — йолдызлар арасында киң таралган күренеш: йолдызларның яртысы диярлек куш яки тагын да катлаулырак (кабатлы) системаларга керә. Мисал итеп

*Игезәкләрнең* $\alpha$ йолдызын (Кастор) алып карыйк. Бу системаның ике компоненты ($A$ һәм $B$) арасындагы ераклык 100 а. б. тирәсе, ә әйләнү периоды чама белән 600 ел. Касторның $A$ һәм $B$ йолдызлары — үз чиратларында, янә куш йолдызлар. Ләкин аларның куш йолдыз булуын визуаль яки фотографик күзәтүләр юлы белән генә күреп булмый, чөнки компонентлары бер-берсеннән астрономик берәмлекнең йөзенче өлешләре кадәр генә ераклыкта (шуңа күрә аларның әйләнү периодлары да бик кыска). Мондый йолдызларның (аларны *спектраль куш йолдызлар* дип атыйлар) куш булуы спектрларын тикшергәч кенә ачыклана, аңарда спектраль сызыкларның периодик рәвештә икегә бүленүе күзәтелә. Доплер эффекты сызыкларның икегә бүленүен түбәндәгечә аңлатырга мөмкинлек тудыра: без төрле юнәлешләрдә хәрәкәт итә торган йолдызларның (күзәтү мизгелендә аларның берсе бездән ераклаша, ә икенчесе якынлаша) берсе өстенә берсе салынган җыелма спектрын гына күрәбез.

Еш кына йолдызларның куш булуын аларның яктырышы периодик рәвештә үзгәрүен өйрәнеп тә ачыкларга мөмкин була. Әгәр күзәтүчедән куш йолдызның массалар үзәгенә таба юнәлеш аларның орбиталары яссылыгына якын үтсә, күзәтүче бер йолдыз икенчесен вакытлыча каплаганны, ягъни тотылышларны күрә. Мондый йолдызлар *тотылышлы куш йолдызлар* яки *тотылышлы үзгәрүчән йолдызлар* дип атала.

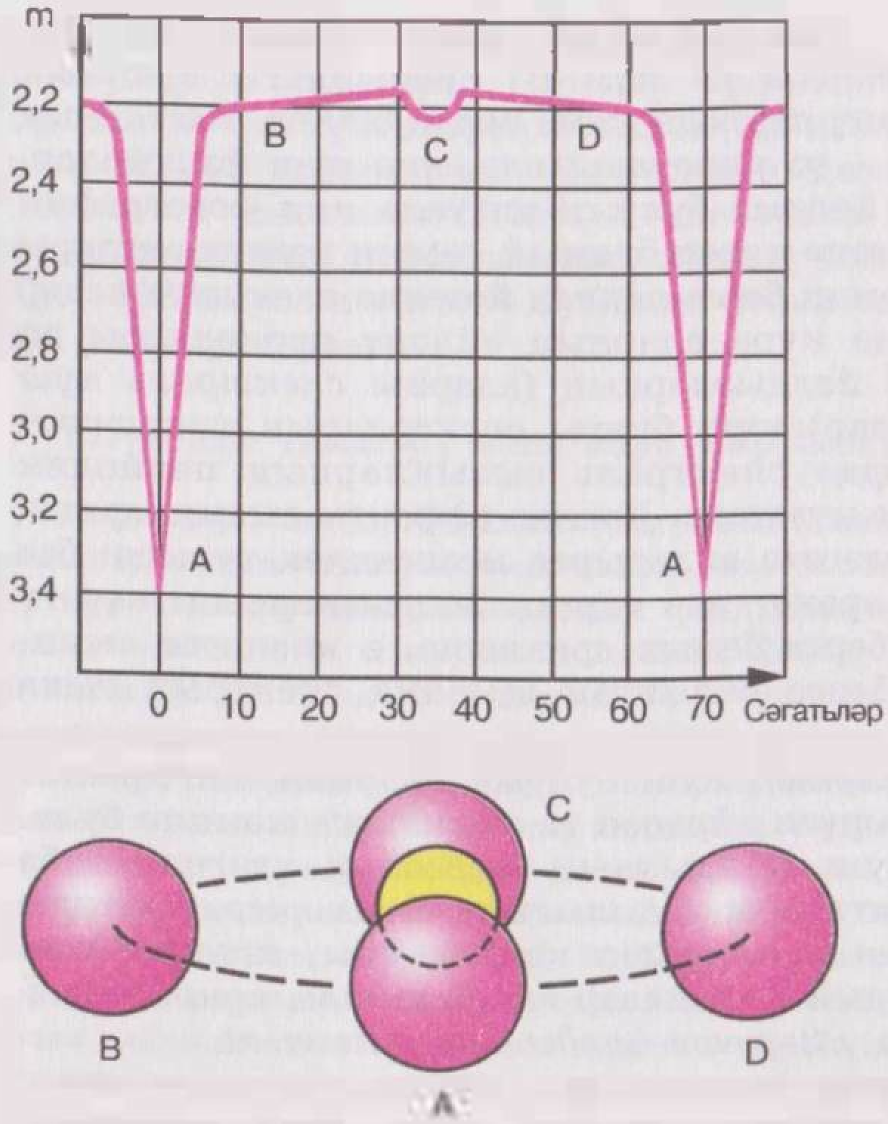
Тотылышлы үзгәрүчән йолдызларны күп тапкыр күзәтүләргә таянып, *яктырыш кәкресен* төзергә була. Әгәр яктырыш минимумнарында һәм максимумнарында йолдызча зурлыкларны чагыштырсак, яктырыш үзгәрүнең *амплитудасын* табарбыз. Ике янәшә максимум (яки минимум) арасында үткән вакытны үлчәсәк, яктырыш үзгәрүнең *периодын* белербез.

85 нче рәсемдә гадәти бер тотылышлы үзгәрүчән йолдызның — Персей йолдызлыгы $\beta$ сының — гарәпләр Алголь (Иблис күзе) дип атаган йолдызның кәкресе, ә янәшәдә аның компонентларының үзара ничек урнашуы күрсәтелгән.

Тотылышлы үзгәрүчән йолдызларның яктырыш кәкресен тикшереп, йолдызларның мөһим характеристикаларын, мәсәлән, аларның *радиусларын* билгеләргә мөмкин.

**2. Куш йолдызларны күзәтү нигезендә йолдызларның массаларын билгеләү.** Куш йолдызлар системасына карата бөтендөнья тартылу законын һәм Кеплерның Ньютон тарафыннан гомумиләштерелгән законнарын кулланып була.

Моңа җентеклəбрәк тукталыйк. Төп йолдызның һәм аның иярчененең массалары — $M_1$ һәм $M_2$ иярченнең әйләнү периоды — $P$, аның орбитасының зур ярымкүчәре $A$ булсын. Ул вакытта Кояшның һәм Җирнең массаларын $M_\odot$ һәм $M_\oplus$, Җирнең сидерик әйләнү периодын — $T_\oplus$, Җир орбитасының зур ярымкүчәрен $a$ дип билгеләсәк, түбәндәгечә яза алабыз:




**Рәс. 85. Персей β сының яктырыш кәкресе.**

$$\frac{(M_1+M_2)P^2}{(M_\odot+M_\oplus)T_\oplus^2}=\frac{A^3}{a^3}. \qquad (48)$$

Әгәр Кояшның массасын берәмлек ($M_\odot = 1$) дип санап, $M_\oplus << M_\odot$, $T = 1$ ел, $a = 1$ а. б. икәнен исәпкә алсак, ул вакытта

$$M_1 + M_2 = \frac{A^3}{P^2} \text{ булачак.} \qquad (48')$$

A зурлыгы йолдызның еллык параллаксы ($\pi$) һәм компонентлар арасындагы почмакча ераклык ($\alpha$) белән түбәндәге гади генә бәйлелектә тора:

$$A=\frac{\alpha}{\pi}, \qquad (49)$$

биредә $\alpha$ һәм $\pi$ дуга секундларында, ә $A$ ераклыгы астрономик берәмлекләрдә күрсәтелә.

(48′) тигезләмәсен исәпкә алып, (49) формуласын түбәндәге рәвештә язып куйыйк:

$$M_1 + M_2 = \frac{\alpha^3}{\pi^3 P^2}. \qquad (50)$$

**12 нче мисал.** Процион (Кече Этнең $\alpha$ сы) — куш йолдыз, аның иярчененең әйләнү периоды 39 ел чамасы, ә орбитасының зур ярымкүчәре 13 а. б. кә тигез. Бу система компонентларының массалар суммасы күпме?

| Бирелгән: | Чишү: |
|---|---|
| $P = 39$ ел <br> $A = 13$ а. б. | $M_1 + M_2 = \frac{A^3}{P^2}.$ |
| $(M_1 + M_2)$ — ? | $M_1 + M_2 = \frac{13^3}{39^2} \approx 1{,}4.$ <br> Җавап: $M_1 + M_2 = 1{,}5\ M_{\odot}$. |

**3*. Йолдызларның күзгә күренми торган иярченнәре.** Кышкы күгебезне бизәп торучы иң якты йолдыз — Сириус — куш система тәшкил итә. Ул Сириус *А* йолдызыннан һәм Сириус *В* дан — зур массалы күзгә күренмәс иярченнән (ак кәрләдән) тора. Иярчен Сириусның күренмә хәрәкәтендәге тайпылышларны анализлау нәтиҗәсендә ачылды.

Ләкин төп йолдызның хәрәкәтенә тыгыз кәрлә йолдызлар гына тәэсир итә дигән сүз түгел. Башка йолдызларның да, Кояшныкы кебек, планеталары булуы мөмкин. Моның шулай булуын үткән заманның фикер ияләре дә чамалап белгәннәр. Башка йолдызларның да планеталары булуы турындагы фикерне, аеруча ачык һәм образлы итеп, Джордано Бруно әйткән. XX гасыр азагына дистәләгән йолдызларның планеталарын ачуга ирештеләр, алар бездән уннарча, хәтта йөзләрчә яктылык елы белән исәпләнгән ераклыкта торалар. Зур иярченнәре (планеталары) яки планеталар системалары булган андый йолдызлар Аккош, Пегас, Андромед, Зур Җидегән, Геркулес, Үгез көтүчесе йолдызлыкларында һ. б. барлыгы беленгән. «Кояш» системасыннан читтәге» планеталарны ачу — Галәмдә планеталар системасы күплеге турындагы идеяне раслаучы мөһим дәлилләрнең берсе. Шул караштан Кояш системасына кергән планеталарга охшаш планеталар системасы аеруча әһәмияткә ия.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

**1.** Куш йолдызны күзәтүләрдән компонентлар арасындагы почмакча ераклыкны ($\alpha$) һәм еллык параллаксны ($\pi$) дуга секундларында үлчәп алганнар, ди. Куш йолдыз орбитасының зур ярымкүчәрен (49) формуласы буенча хисаплап чыгару мөмкинлеген исбатлагыз. **2.** 85 нче рәсемне күздән

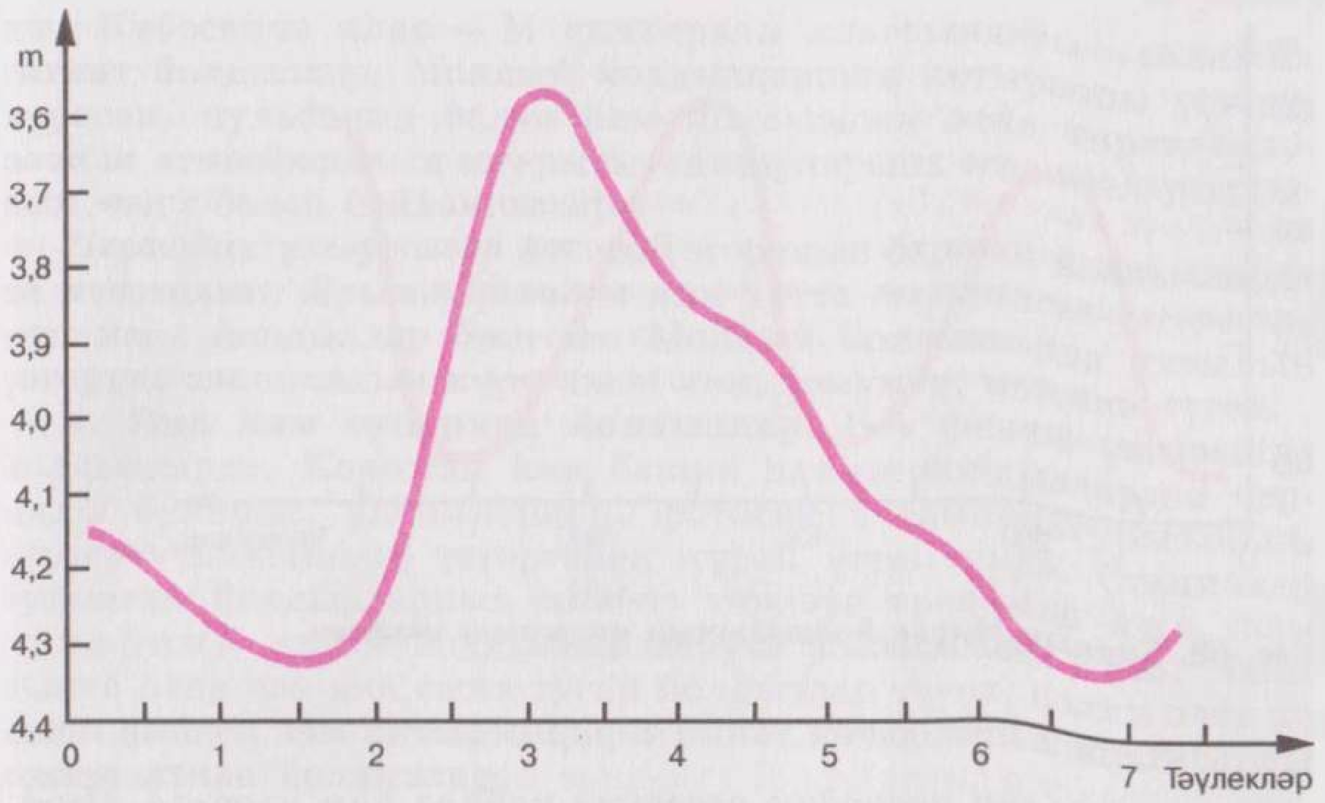
кичерегез дә, Персей $\beta$ сының яктырышы ни өчен һәм ничек үзгәргәнен аңлатып бирегез, шулай ук бу йолдызның яктырышы үзгәрү амплитудасын һәм периодын билгеләгез. **3.** Бетельгейзе йолдызының (Орион $\alpha$ сы) радиусы Кояш радиусыннан якынча 900 тапкыр зуррак. Масштаб белән өч пар күк җисемен: Бетельгейзе белән Кояшны, Кояш белән Җирне, Җир белән Айны рәсемгә төшерегез. **4.** Әгәр төп йолдыздан 17,65″ ераклыкта урнашкан иярченнең әйләнеп йөрү периоды 80 ел чамасы булса, Кентавр $\alpha$ сы ($\pi \approx 0,76''$) исемле куш йолдызның массалар суммасын хисаплап табыгыз. Һәр компонентның массасын аерым-аерым хисаплап чыгару өчен нәрсәне белергә кирәк? **5.** Йолдызларның күзгә күренмәс иярченнәрен эзләүнең нинди әһәмияте бар?

## § 27. ФИЗИК ҮЗГӘРЕШЛЕ, ЯҢА ҺӘМ СУПЕРЯҢА ЙОЛДЫЗЛАР

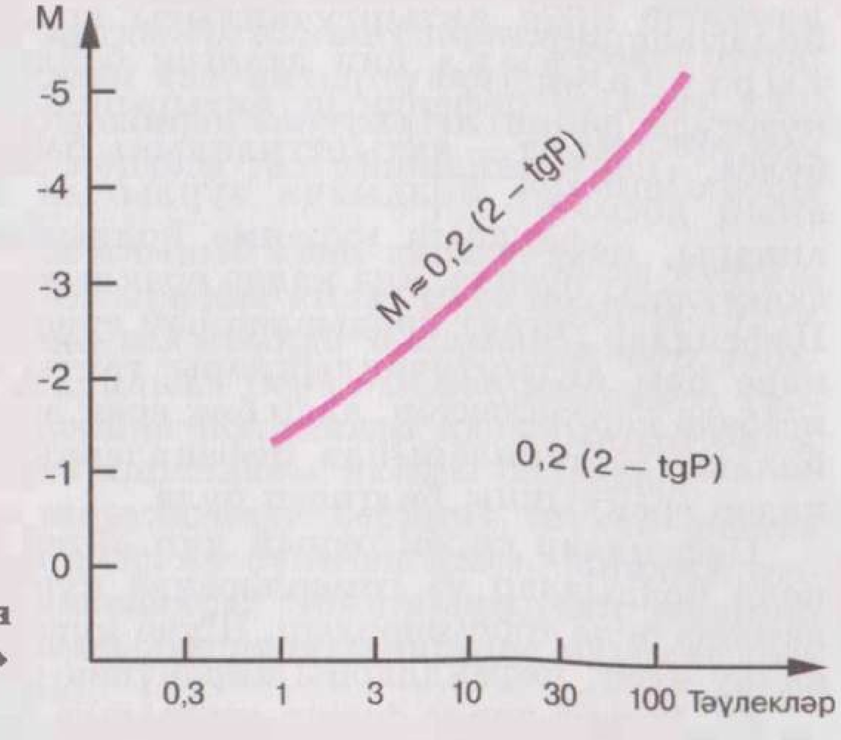
**1. Кереш.** *Үзгәрешле йолдызлар* — яктырышы үзгәрә торган йолдызлар дигән сүз. Үзгәрешле йолдызлардан кайберсенең *яктырышы периодик рәвештә* үзгәрә, башкаларында *яктырышның тәртипсез үзгәрүе* күзәтелә. Мәсәлән, тотылышлы үзгәрүчән йолдызлар периодик үзгәрешле йолдызларга керә һәм алар, белгәнегезчә, куш системалардан гыйбарәт. Ләкин, болардан аермалы буларак, яктырышлары үзләрендә бара торган физик процесслар нәтиҗәсендә үзгәрә торган ун меңнәрчә ялгыз йолдызлар да мәгълүм. Мондый йолдызларны *физик үзгәрешле* йолдызлар дип атыйлар. Аларны ачу һәм өйрәнү йолдызларның бер-берсеннән массалары, үлчәмнәре, температуралары, яктыртучанлыклары һәм спектрлары белән генә аерылмавын, бәлки шушы физик характеристикаларның йолдызның үзендә дә даими калмавын күрсәттеләр.

**2. Цефеидлар.** *Цефеидлар физик үзгәрешле йолдызларның аеруча киң таралган һәм бик әһәмиятле төре исәпләнә.* Аларга Цефей $\delta$ сы йолдызының үзенчәлекләре хас. Бу йолдыз кайсы ягы белән үзгә соң? 86 нчы рәсемне карыйк. Анда Цефей $\delta$ сының, ягъни цефеидларның «нәсел башы» булып киткән йолдызның яктырыш кәкресе сурәтләнгән. Графиктан Цефей $\delta$ сының яктырышы $5{,}4^{көн}$ ле *период* һәм $1^{m}$ лы амплитуда белән өзлексез үзгәргәнлеге күренә. Яктырыш максимумнан соң кимегәнгә караганда тизрәк арта. Кәкренең формасы һәрвакыт төп-төгәл кабатлана. Димәк, Цефей $\delta$ сы — *периодик үзгәрешле йолдыз.* Кыскарак периодлы (берничә сәгатьлек кенә) цефеидлар да, озынрак периодлылары (уннарча тәүлеккә кадәр) да бар.

Цефеидларның спектрын тикшерүләр күрсәткәнчә, яктырыш максимум тирәсендә вакытта бу йолдызларның фотосферасы безгә иң зур тизлек белән якынлаша, ә минимум тирәсендә чакта иң зур тизлек белән бездән ераклаша икән. Бу нәтиҗә цефеидлар спектрындагы сызыкларның тайпылышын Доплер эффектына таянып анализлаудан килеп чыга.

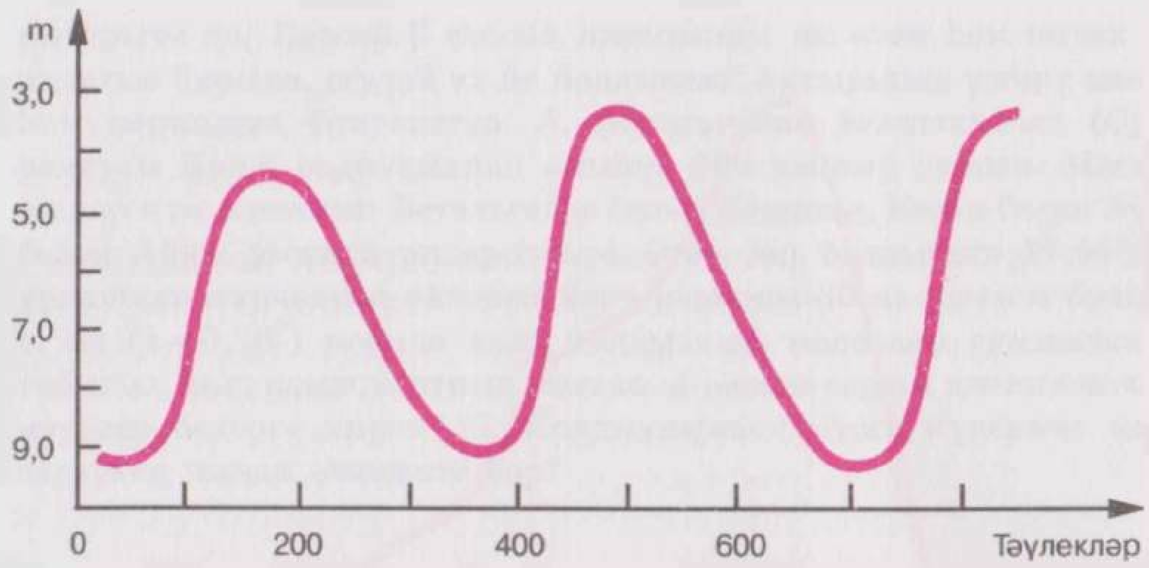



**Рәс. 86. Цефей δ сының яктырыш кәкресе.**




**Рәс. 87. Цефеидлар өчен «период — яктыртучанлык» бәйлелеге.**

Йолдыз фотосферасының хәрәкәте һәм, димәк, йолдызның үлчәмнәре үзгәрү белән без беренче тапкыр очрашабыз. Дөрестән дә, Кояшның һәм аңа охшашлы башка йолдызларның үлчәмнәре практик яктан үзгәрми. Шулай булгач, мондый *даими (стационар) йолдызлардан* аермалы буларак, цефеидлар астационар йолдызлар булып чыга. *Цефеидлар — пульсацияле*




**Рәс. 88. Китның Мирас йолдызының яктырыш кәкресе.**

*йолдызлар, алар периодик рәвештә кабара һәм кысыла.* Пульсация барышында цефеидларда фотосфераның температурасы да үзгәрә. Яктырыш максимумы вакытында йолдыз иң югары температурага ия.

Озын периодлы цефеидларда пульсация периоды белән бу йолдызларның яктыртучанлыгы арасында «период — яктыртучанлык» дип аталган бәйлелек бар (рәс. 87). Әгәр күзәтүләрдән цефеидның яктырышы үзгәрү периоды билгеле булса, «период — яктыртучанлык» бәйлелегеннән файдаланып, аның абсолют йолдызча зурлыгын билгеләргә мөмкин, ә аннары, цефеидның күренмә йолдызча зурлыгын белеп, (41) формуласы буенча, аңа кадәр ераклыкны хисаплап табу җиңел. Цефеидлар гигант йолдызлар һәм супергигантлар (ягъни үлчәмнәре һәм яктыртучанлыклары гаять зур булган йолдызлар) исәбенә кергәнлектән, алар бик ерак аралардан күренәләр. Ерак йолдыз системаларында цефеидларны ачып, бу системаларга кадәр ераклыкны билгеләп була.

Цефеидлар сирәк очрый дип әйтеп булмый. Ихтимал, күп кенә йолдызлар үз гомерләрендә күпмедер вакыт цефеид халәтендә була торганнардыр. Шуңа күрә, йолдызлар эволюциясен аңлау өчен, цефеидларны өйрәнүнең әһәмияте бар.

**3*. Башка төрле физик үзгәрешле йолдызлар.** Цефеидлар — физик үзгәрешле йолдызларның күп санлы типларыннан берсе генә әле. Үзгәрешле йолдызларның беренчесе 1596 елда Кит йолдызлыгында ачылды (Китның Мира йолдызы, яки Китның Гаҗәп йолдызы). Ул — цефеид түгел. Аның яктырышы якынча $350^{\text{көн}}$ период белән үзгәрә, максимумда яктырышы $3^m$ га, минимумда $9^m$ га җитә (рәс. 88). Соңрак Китның Мира йолдызы тибындагы күп кенә башка *озын периодлы йолдыз*лар да ачыл-

ды. Күбесенчә алар — M спектраль классындагы «салкын» гигант йолдызлар. Мондый йолдызларның яктырышы үзгәрү, күрәсең, пульсация белән һәм йолдызның эчке тирәнлекләреннән атмосфераның югарыгы катлауларына эссе газлар ургылып чыгу белән бәйләнгәндер.

*Периодик үзгәрешләр* физик үзгәрешле барлык йолдызларда да күзәтелми. *Ярымтәртипле* яки хәтта *тәртипсез үзгәрешле* күп кенә йолдызлар билгеле. Мондый йолдызларда яктылык үзгәрүдә закончалык күрү кыен яки, гомумән, мөмкин түгел.

**4. Яңа һәм суперяңа йолдызлар.** Без физик үзгәрешле йолдызларда, Кояштан һәм башка даими йолдызлардан аермалы буларак, үлчәмнәрнең, фотосфера температурасының, яктыртучанлыкның үзгәргәнен күреп үттек инде. Стационар булмаган йолдызларның кайбер төрләре арасында яңа һәм суперяңа дигән йолдызлар аеруча кызыксыну уята. Чынлыкта алар әле яңа гына туган йолдызлар түгел, бәлки элек тә яшәп килгән һәм яктырышлары кинәт көчәю белән игътибарны җәлеп иткән йолдызлар.

*Яңа йолдызлар кабынганда* яктырыш берничә тәүлектән алып берничә айга кадәр меңнәрчә һәм миллионнарча тапкыр арта. Кабаттан яңа йолдыз кебек кабынган йолдызлар да билгеле. Хәзерге мәгълүматларга караганда, яңа йолдызлар, гадәттә, куш йолдызларга керәләр, ә йолдызлардан берсенең кабынуы алар арасында матдәләр алмашу нәтиҗәсендә була. Мәсәлән, «ак кәрлә — гадәти (аз яктыртучан) йолдыз» системасында яңа йолдыз кабынышын китереп чыгарган шартлаулар гадәти йолдыздан ак кәрләгә газ килеп төшү аркасында булырга мөмкин.

*Суперяңа йолдызлар кабынышы* моңа караганда да куәтлерәк, бу вакытта аларның яктырышы кинәт кенә якынча $19^m$ га арта! Яктырыш максимумы вакытында йолдызның нур таратучы өслеге күзәтүчегә секундына берничә мең километр тизлек белән якынлаша. Суперяңа йолдызлар кабынышын өйрәнеп, бу күренешнең *йолдыз шартлавы* икәнен белделәр.

Суперяңа йолдызлар шартлаганда берничә тәүлек эчендә $10^{41}$ Дж чамасы гаять зур энергия бүленеп чыга. Мондый ифрат көчле шартлаулар массалары Кояшныкыннан берничә тапкыр зуррак булган йолдызлар эволюциясенең ахыргы баскычларында күзәтелә (§ 31).

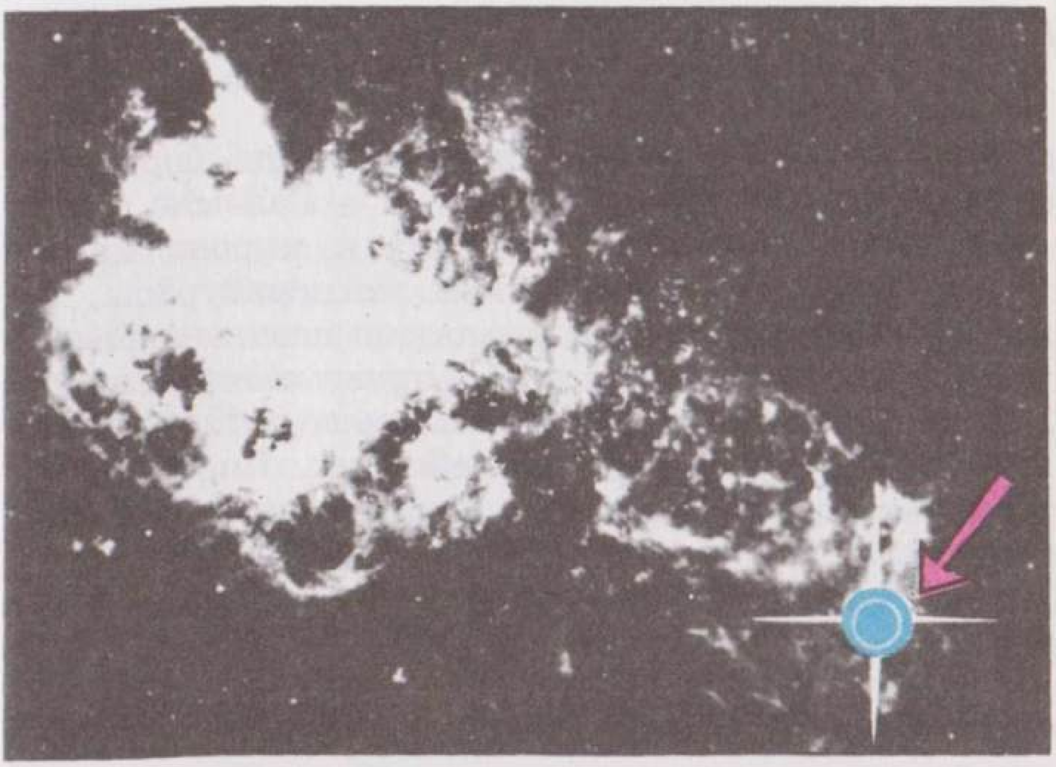
Яктырышы максимумга җиткәндә бер суперяңа йолдыз безнең Кояшка охшаган миллиард йолдыздан да яктырак булырга мөмкин. Кайбер суперяңа йолдызларның аеруча көчле шартлавы вакытында матдә секундына 5000—7000 км тизлек белән ургылып чыгарга һәм аның массасы берничә Кояш массасына җитәргә мөмкин. Суперяңа йолдызлар «салып ыргыткан» *сүрү калдыгы* озак вакытлар буена киңәя баручы газ томанлыгы рәвешендә күренә (§ 28).

Суперяңа йолдызларның сүрү калдыклары гына түгел, кайчандыр шартлаган йолдызның үзәк өлеше калдыклары да ачылды. **Пульсарлар** дип аталган гаҗәеп радионурланыш чыганаклары әнә шундый «йолдыз калдыклары» булып чыктылар. Беренче пульсарлар 1967 елда ачылган иде.

Кайбер пульсарларда импульслар кабатлану ешлыгы искиткеч даими (стабиль): импульслар $10^{-9}$ с тан да төгәлрәк итеп үлчәнгән нәкъ бертигез вакыт үткән саен кабатланып тора! Ачылган пульсарлар бездән йөзләрчә парсектан да арырак урнашканнар. *Пульсарлар — бик тиз әйләнүче үтә тыгыз йолдызлар, аларның радиусы 10 км чамасы, ә массалары Кояш массасына якын* дип уйланыла. Мондый йолдызлар тыгыз урнашкан нейтроннардан торалар һәм **нейтрон йолдызлар** дип аталалар. Нейтрон йолдызлар үз гомерләренең бер өлешен генә пульсар рәвешендә үткәрәләр.

Суперяңа йолдызлар кабынуы сирәк күренешләрдән исәпләнә. Соңгы мең ел эчендә безнең йолдыз системасында берничә генә суперяңа йолдыз кабынышы күзәтелгән. Аларның тәгаен билгеле булган өчесе түбәндәгеләр: 1054 елда Үгезбозау йолдызлыгындагы кабыныш, 1572 елда — Кассиопея йолдызлыгында, 1604 елда Еланлы йолдызлыгында булган кабынышлар. Бу суперяңа йолдызларның беренчесе кытай һәм япон астрономнары тарафыннан «кунак йолдыз» дип аталган, икенчесе Тихо Браге тарафыннан тасвир ителгән, ә өченчесен Иоганн Кеплер күзәткән. 1054 һәм 1572 елгы суперяңа йолдызларның яктырышы Венерадан да көчлерәк булган һәм бу йолдызлар көндез дә күренгәннәр. Телескоп уйлап табылганнан соң (1609), безнең йолдыз системасында бер генә суперяңа йолдыз да күзәтелмәгән (ихтимал, кайбер кабынышлар күренмичә дә калгандыр). Башка йолдыз системаларын тикшерү мөмкинлеге тугач исә аларда яңа һәм суперяңа йолдызларны еш ача башладылар.

1987 елның 23 февралендә безнең Галактиканың иң зур иярчене булган Зур Магеллан Болытында (Алтын Балык йолдызлыгы) суперяңа йолдыз кабынды (рәс. 89). 1604 елдан соң беренче тапкыр суперяңа йолдызны хәтта коралсыз күз белән дә күреп булды. Кабынышка кадәр суперяңа йолдыз урынында 12 нче йолдызча зурлыкка ия булган йолдыз тора иде. $4^m$ зурлыгындагы максималь яктырышка ул март башларында ирешә, ә аннан соң әкренләп сүнә башлады. Суперяңа йолдызны Җирдәге иң зур обсерваторияләрдә, «Астрон» орбиталь обсерваториясендә һәм «Мир» орбиталь станциясенең «Квант» модулендә эшләүче рентген телескопларыннан күзәткән галимнәр беренче тапкыр кабынышның бөтен процессын күрә алдылар. Күзәтүләр спектрның төрле диапазоннарында, шул исәптән күзгә күренә торган оптик диапазонда, ультрамиләүшә, рентген һәм радиодиапазоннарда алып барылды. Фәнни матбугатта



**Рәс. 89. Зур Магеллан Болытында суперяңа йолдыз.**

шартлаган йолдызлар *нейтрино* һәм, ихтимал, *гравитацион* нурланыш таралуын теркәү турында шау-шулы хәбәрләр күренде. Шартлау алды фазасында йолдызның төзелеш моделе яңа мәгълүматлар белән баетылды.

Суперяңа йолдызга (СН 1987 А) кадәр ераклык 160 мең яктылык елыннан (5 кпк) да ким түгел. Шуңа күрә чынбарлыкта бу йолдыз 1987 елда түгел, бәлки моннан 180 мең ел элек кабынган! Әгәр дә кабыныш бездән 10 пк ераклыкта булса, суперяңа йолдыз Җирне тулган Айдан да ныграк яктырткан булыр иде.

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

**1.** Физик үзгәрешле йолдызларның гадәти йолдызлардан төп аермасы нәрсәдә? **2.** Цефеидларның яктырышы нилектән үзгәрә? **3.** Еш кына цефеидларны «Галәм маяклары» дип атыйлар. Ни өчен? **4.** Күренмә зурлыгы $+12^m$, ә яктырышының үзгәрү периоды якынча $4^{көн}$ булган цефеидка кадәр ераклык күпме? **5*.** Цефеидның спектрында сызыкларның периодик тайпылуы ни рәвешле булырга тиеш? **6.** Суперяңа йолдыз булып кабынган йолдызның яктырышы ничә тапкырлар арта? **7.** Нәрсә ул пульсарлар? **8.** Суперяңа йолдыз кабынышлары белән нейтрон йолдызлар һәм пульсарлар күзәтелү арасында нинди бәйләнеш бар? **9.** Ни өчен Кояш суперяңа йолдыз булып кабына алмый?

**«Кояш һәм йолдызлар» темасын өйрәнгәч, нәрсәләр белергә кирәк**

1. Кояш — безнең планеталар системасында бердәнбер йолдыз һәм Җирдә энергия чыганагы. Ул — Галәмдә гадәти генә дәрәҗәле бер йолдыз, үзенең физик күрсәткечләре (массасы, яктыртучанлыгы, үлчәмнәре, температурасы, химик составы) ягыннан ул һич тә уникаль дип исәпләнә алмый.

2. Фотосфераның төп детальләре — гранулалар, таплар, факеллар. Алар, хромосферада һәм таҗда күзәтелә торган кабынышлар һәм протуберанецлар кебек үк, Кояш активлыгы чагылышыннан гыйбарәт (активлык циклы уртача 11 ел дәвам итә).

3. Кояш активлыгының барлык чагылышларында актив өлкәнең магнит кыры мөһим роль уйный.

4. Кояш константасын белеп, Кояшның яктыртучанлыгын хисаплап табарга мөмкин.

5. Кояш энергияне электромагнитик дулкыннарның төрле диапазоннарында тарата; киңәя баручы Кояш таҗы — Кояш җиленең сәбәбе.

6. Кояш активлыгының күп кенә геофизик чагылышлары бар, бу активлыкның Җир тропосферасына һәм биосферасына йогынтысы ныклап өйрәнелә.

7. Йолдызлар бездән төрле ераклыкта урнашканнар һәм Галәм киңлегендә хәрәкәт итәләр. Алар арасында супергигантлар, гигантлар һәм кәрлә йолдызлар бар.

8. Күп кенә йолдызлар куш (һәм кабатлы) системалар төзиләр. Физик куш йолдыз системаларына карата бөтендөнья тартылу законын кулланып, куш йолдызның массалар суммасын хисаплап табарга мөмкин.

9. Кояш һәм йолдызларның энергия чыганагы — аларның эчке өлешендә бара торган термотөш реакцияләре.

10. Кояш һәм йолдызларның физик характеристикаларын белеп һәм Җирдә ачылган физика законнарына таянып, Кояш һәм йолдызларның эчке төзелеш моделен тәкъдим итәргә мөмкин.

11. Күренмә йолдызча зурлыклар йолдызларның үлчәмнәрен һәм яктыртучанлыгын түгел, бәлки йолдызларның Җир өстен яктырту дәрәҗәсен генә күрсәтәләр.

12. Йолдызлар — эссе плазма шарлары. Гадәти йолдызларның тигезләнеше гравитация көчләренең һәм плазмадагы эчке басым көчләренең тигезлеге белән тәэмин ителә.

13. Йолдызларның төрле характеристикалары арасында бәйләнеш бар (мәсәлән, «спектр — яктыртучанлык», «масса — яктыртучанлык»).

14. Кояшка охшашлы һәм практик яктан стационар йолдызлардан аермалы буларак, пульсацияле (мәсәлән, цефеидлар) һәм шартлый торган (суперяңа) йолдызлар да бар.

**«Кояш һәм йолдызлар» темасын өйрәнгәч, нәрсәләр эшли белергә кирәк**

1. Мәктәп телескобыннан Кояшны экранда күзәтү.

2*. Кояш константасы буенча Кояшның яктыртучанлыгын хисаплау.

3. Кояш активлыгының Җир тирәсендәге фәзага һәм Җир атмосферасындагы күренешләргә йогынтысын аңлату өчен сәбәп-нәтиҗә бәйләнешләрына анализ ясау.

4. Йолдызларның яктырышын аларның күренмә йолдызча зурлыклары буенча чагыштыру (39).

5. Йолдызларга кадәр ераклыкны а) аларның еллык параллаксы буенча (38), б) күренмә һәм абсолют йолдызга берәмлек буенча хисаплау.

6. Куш йолдыз компонентларының массалар суммасын хисаплау (48).

7. «Спектр — яктыртучанлык» һәм «масса — яктыртучанлык» диаграммаларына анализ ясау.

8. Күк йөзендә түбәндәге йолдызларны таба белү: Кече Җидегәннең α сын, Лираның α сын, Аккошның α сын, Каракошның α сын, Орионның α һәм β сын, Игезәкләрнең α һәм β сын, Йөкченең α сын, Кече Этнең α сын, Зур Этнең α сын, Үгезбозауның α сын.

# V. ГАЛӘМНЕҢ ТӨЗЕЛЕШЕ ҺӘМ ЭВОЛЮЦИЯСЕ

## § 28. БЕЗНЕҢ ГАЛАКТИКА

**1. Киек Каз Юлы.** Айсыз көзге төннәрдә бөтен күк гөмбәзен ярып үткән якты тасма ачык беленеп тора. Бу — *Киек Каз Юлы*. Аңа бинокль яки телескоп төбәсәгез, Киек Каз Юлының яктысы коралсыз күзгә күренми торган бик күп йолдызлардан чыкканлыгына ышанырсыз (әле безнең эрага кадәр IV гасырда ук Демокрит та моны фаразлаган булган, ә беренче булып Галилей ачыклаган).

Киек Каз Юлы бөтен күкне колачлап алган; аның аермачык чикләре юк, ә төрле өлешләре төрле киңлектә, яктырышы да төрлечә. *Яньчек формалы гаять зур йолдызлар системасы булган Галактиканың (галактика* — «сөтле» мәгънәсендәге грек сүзеннән) күпчелек йолдызы шушы Киек Каз Юлында тупланган. Галактика йолдызларыннан берсе булган Кояш аның симметрия яссылыгы — *Галактика яссылыгы*, тирәсендә урнашкан. Шуңа күрә Галактика йолдызларының күпчелеге күк гөмбәзенә теләсә ничек түгел, бәлки Киек Каз Юлы дип аталган әлеге полоса чикләрендә проекцияләнәләр.

**2. Галактиканың составы.** *Йолдызлар һәм йолдыз тупланышлары.* Галактикада *йолдызлар* саны $10^{12}$ (триллион) чамасы. Иң күп санлы йолдызлар — массалары Кояш массасыннан 10 тапкыр кечкенәрәк булган кәрләләр. Ялгыз йолдызлардан һәм аларның *иярченнәреннән* (планеталардан) башка, Галактикага *куш* һәм *кабатлы* йолдызлар, шулай ук тартылу көчләре белән бәйләнгән һәм Галәм фәзасында йолдыз тупланышлары дип аталган, бербөтен кебек хәрәкәт итүче йолдыз төркемнәре дә керә. Аларның кайберләрен күк йөзендә телескоптан карап эзләп табарга, кайчагында исә, мәсәлән, *Үгезбозау* йолдызлыгындагы Өлкәрне («Иләк йолдыз») коралсыз күз белән дә күрергә мөмкин (рәс. 90). Бу — *таркау йолдызлар тупланышы.* Мондый тупланышларның формасы төзек түгел, хәзерге вакытта андыйлар меңнән артык билгеле. 91 нче рәсемдә таркау тупланышка бөтенләй охшамаган йолдыз тупланышы сурәтләнә. Бу — Геркулес йолдызлыгындагы *шар-*

**Рәс. 90. Үгезбозау йолдызлыгында таркау йолдыз тупланышы — Өлкәр (яки «Иләк йолдыз»).**

**Рәс. 91. Геркулес йолдызлыгында шарсыман йолдыз тупланышы.**

*сыман йолдыз тупланышы.* Әгәр таркау йолдыз тупланышларында йөзләгән яки меңләгән йолдыз булса, шарсыман тупланышларда алар йөз меңнәрчә. Бөтендөнья тартылу көчләре йолдызларны мондый тупланышларда миллиард еллар буена тотып тора. 150 ләп шарсыман тупланыш билгеле. Башлыча *төп эзлеклелектә* торучы таркау йолдыз тупланышларыннан үзгә буларак, шарсыман тупланышларга кызыл һәм сары гигантлар белән супергигантлар керә. Җирнең махсус ясалма иярченнәренә урнаштырылган рентген телескоплары ярдәмендә күк йөзен күзәтүләр күп кенә шарсыман тупланышларның рентген нурланышын ачуга китерде.

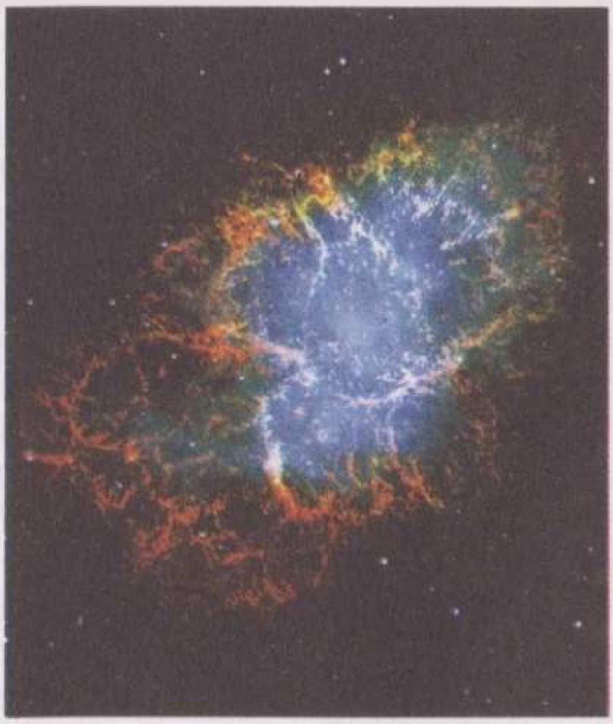
*Томанлыклар.* Телескоптан караганда төрле йолдызлыкларда томанлы таплар күреп була, алар, нигездә, газдан һәм тузаннан торалар. Болары да безнең Галактикага керә торган т о м а н л ы к л а р . Төзексез, өзек-өзек формалы томанлыкларны диффуз томанлыклар дип, ә төзек формалы һәм кечерәк телескоптан караганда, планеталарны хәтерләткән томанлыкларны п л а н е т а р т о м а н л ы к л а р дип атыйлар. Әгәр зур газ-тузан болыты янында якты йолдыз булса, томанлык, бу йолдызның яктысын чагылдырып яки аны кабат нурландырып, *аксыл диффуз томанлык* рәвешендә күренә (рәс. 92). *Орион йолдызлыгындагы зур газ-тузан томанлыгы* — якты диффуз томанлыкның бер мисалы. Аңа кадәр ераклык 500 пк, томанлыкның үзәк өлешенең диаметры 6 пк, массасы Кояшныкыннан 100 тапкыр зуррак.

Үзенең газ җепселләреннән торган гадәттән тыш челтәре аркасында *Крабсыман томанлык* дип аталган кечерәк кенә диффуз томанлык игътибарга лаек (рәс. 93). Бу томанлыкның Үгезбозау йолдызлыгында 1054 елда кабынган суперяңа йолдыз калдыгы икәнлеге тәгаенләнде. Димәк, Крабсыман томанлыкның яше 950 елдан да кимрәк. Ул бездән кимендә 1,5 кпк кадәр ераклыкта урнашкан. Аның диаметры 1 пк чамасы, барлык җепселләрнең массасы Кояш массасының 0,1 өлеше чамасында. Томанлык 1000 км/с тан да зуррак тизлек белән киңәя.

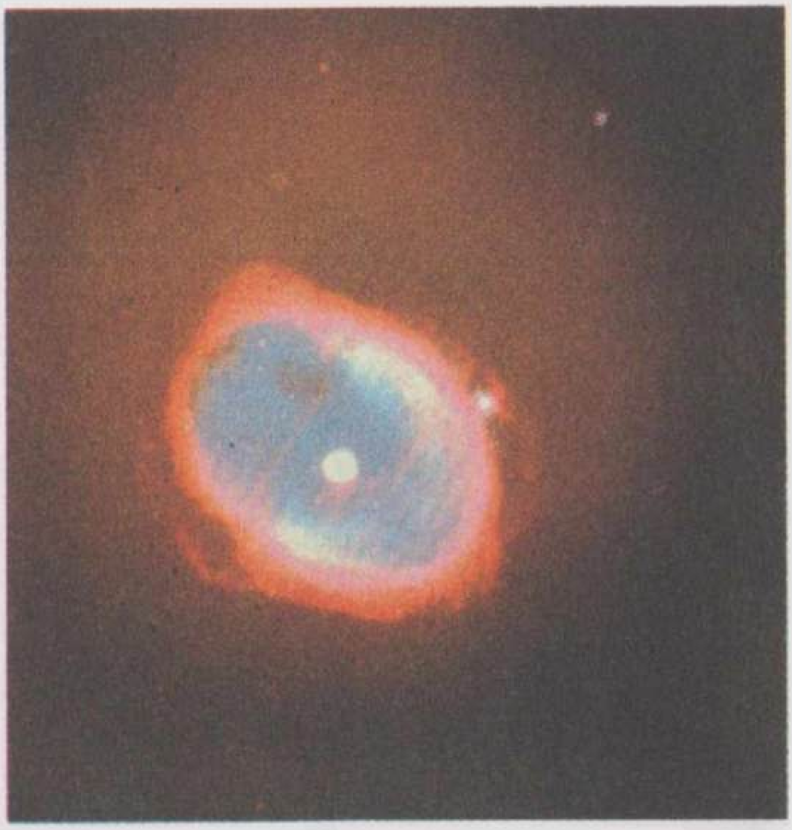
Крабсыман томанлык — Галәмдә сирәк очрый торган объектларның берсе. Оптик нурланыш чыганагы булу өстенә, ул радионурланыш, рентген һәм гамма-квантлар чыганагы да. Ниһаять, Крабсыман томанлыкның үзәгендә пульсар урнашкан. Ул шуның белән үзенчәлекле: 1969 елда анда, *радионурланыш пульсацияләре белән беррәттән, оптик яктырыш пульсацияләре дә булуы ачыкланды.* Куәтле алмаш магнит кырына ия булган пульсар электроннарны тизләтә һәм электромагнитик дулкыннар спектрының төрле өлкәләрендә томанлыкның якты чыгаруына сәбәп була.

Планетар томанлыкның мисалы — Лира йолдызлыгындагы томанлык (рәс. 94). Планетар томанлыкның үзәгендә эссе йолдыз урнашкан була. Планетар томанлыкны тәшкил иткән газ кайчандыр шушы йолдыз атмосферасында булган. Йолдызның кыска дулкынлы нурланышы, планетар томанлыктагы газ тарафыннан күзгә күренә торган нурланышка күчерелеп, кабат нурландырыла. Планетар томанлыкларның яктырышы

**Рәс. 92. Чәчелмә (диффуз) томанлык.**



**Рәс. 93. Кысласыман томанлык.**



**Рәс. 94. Лира йолдызлыгында планетар томанлык.**

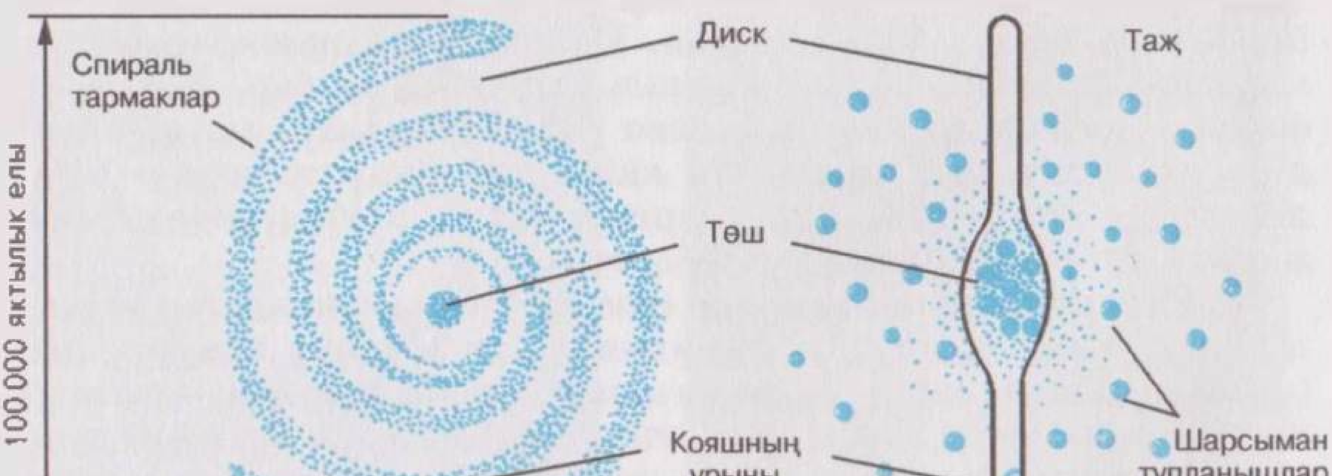
гади кайтарылу белән түгел, бәлки флуоресценция дип аталган шундый процесс белән аңлатыла.

Нигездә, тузаннан торган томанлыклар күк йөзе фоторәсемнәрендә караңгы өлкәләр рәвешендә күзгә ташланып торалар (рәс. 95). Күп кенә караңгы томанлыклар безгә шактый якын урнашканнар һәм үзләре артындагы йолдызлар яктысын бик нык йоталар.

*Космик нурлар һәм магнит кырлары.* Ләкин хәтта йолдызлар һәм томанлыклар күренмәгән урыннарда да Галәм фәзасы буш түгел. Ул бик *сирәкләнгән йолдызара газ* һәм *йолдызара тузан* белән тулган. Йолдызара киңлекләрдә төрле кырлар *(гравитация* һәм *магнит* кырлары) да бар. Йолдызара фәзаны космик нурлар да кисеп үтә; бу нурлар, магнит кырларында яктылык тизлегенә якын тизлекләргә кадәр кызулатылган һәм гаять зур энергия алган электр корылмалы кисәкчекләр агышыннан гыйбарәт.

**3. Галактиканың төзелеше** (рәс. 96). Галактикадагы йолдызларның һәм диффуз материянең күп өлеше ясмыксыман (уртасы калын диск) күләмне алып тора. Дискның диаметры $3 \cdot 10^4$ пк чамасы. Кояш Галактиканың бездән йолдызара тузан болыты каплап торган үзәгеннән $10^4$ пк тирәсе ераклыкта урнашкан. Галактиканың үзәгендә аның т ө ш е бар, соңгы вакытта аны электромагнитик дулкыннарның инфракызыл, радио һәм рентген диапазоннарында җентекләп тикшерәләр. Үтәли күренми торган тузан болытлары төшне каплап, Галактиканың бу гаять кызыклы объектын визуаль күзәтүгә дә, гадәти фотографик күзәтүләргә дә комачаулыйлар.

Рәс. 95. Орион йолдызлыгында «Ат башы» томанлыгы.




Рәс. 96. Галактиканың төзелеше.

Әгәр дә без Галактика дискына «өстән» карый алсак, аңарда гаять зур **спираль тармаклар** күрер идек. Бу тармаклар, нигездә, иң эссе һәм якты йолдызлардан, шулай ук зур массалы газ болытларыннан торалар. Спираль тармаклы диск Галактиканың *яссы ярымсистемасының* нигезен тәшкил итә. Ә Галактиканың үзәгенә таба җыелган һәм өлешчә генә дискка үтеп кергән объектлар (мәсәлән, шарсыман йолдыз тупланышлары) *сферик ярымсистемага* карый. Галактикада башка ярымсистемалар да бар, шуның белән бергә, төрле ярымсистемалар булуы йолдызларның ясалуы һәм эволюциясе, химик составының үзгәрүе (химик эволюция) һәм, ниһаять, Галактиканың структурасы үзгәрү белән бәйләнгән (Галактика безнең «өлешкә тигән» хәлдә генә булмаган бит!)

**4*. Галактиканың әйләнүе һәм андагы йолдызларның хәрәкәте.** Галактика үзенең үзәк өлкәсе тирәсендә әйләнә. Барлык матдәсе диярлек Кояшта тупланган Кояш системасыннан аермалы буларак, Галактика үзәгендә йолдызларның чагыштырмача аз өлеше тупланган. Шуңа күрә Галактиканың әйләнүенә үзенчәлекләр хас. Үзәктән ераклаша барган саен, Галактиканың почмакча әйләнү тизлеге дә, сызыкча тизлеге дә кими (почмакча тизлек кимеп кенә бара, ә сызыкча тизлек башта арта, аннан соң, максимумга ирешкәч, кими башлый). Кояш Галактика үзәгеннән йолдызларның сызыкча тизлеге нәкъ максимумга тигез булган ераклыкта урнашкан. Кояш һәм аңа иң якын йолдызлар Галактика үзәге тирәли 250 км/с тизлек белән әйләнеп йөриләр һәм чама белән 200 млн ел эчендә бер тулы әйләнеш ясыйлар.

Галактиканың әйләнүе йолдызларның нур буенча тизлеген (Доплер эффекты буенча) үлчәгәндә ачыклана. Чынлап та, әгәр барлык йолдызлар да Кояш белән бергәләп Галактиканың үзәге тирәсендә хәрәкәт итәләр икән, төрле йолдызларның нур буенча тизлеге үзгәрүгә карап моны билгеләргә мөмкин. Әйтик, Кояш белән бергә хәрәкәт иткән күзәтүче өчен аңа перпендикуляр юнәлештә хәрәкәт иткән йолдызларның нур буенча тизлеге нульгә тигез. **Галактиканың үзәгенә** таба (*ул Укчы йолдызлыгына урнашкан*), антиүзәккә таба юнәлешләрдә һәм йолдызлар үзәк — антиүзәк юнәлешендә уңда яки сулда булып, бу юнәлешкә 90° лы почмак ясаган очракларда да нур буенча тизлекләр нульгә тигез булачак. Башка юнәлешләрдә нур буенча тизлекләрнең модуле һәм тамгасы төрле булып чыгар. Йолдызларның мондый хәрәкәт картинасы Кояштан ерак йолдызларны күзәтүдән килеп чыга, ә якын йолдызлар, Галактиканың гомуми хәрәкәтенә катнашу өстенә, беркадәр тәртипсез хәрәкәтләр дә ясыйлар. Мәсәлән, Кояш (һәм аның белән бергә бөтен Кояш системасы) 20 км/с чамасы тизлек белән **апекс** (латинча «түбә» мәгънәсендәге сүз) дип атала торган ноктага таба хәрәкәт итә. Һәм бу ноктаның күк сферасындагы урыны билгеле ($\alpha = 18^{сәг}$, $\delta = +30^\circ$). Күзәтүләрдән

йолдызның фәза тизлеген билгеләп (§ 23), без аны *Кояшка карата* табабыз.

**5*. Галактиканың радионурланышы.** 30 нчы еллар башында, радиоэлемтәгә комачаулый торган шаулауны өйрәнгәндә, гадәттән тыш радиокомачаулар чыганагы табылды. Ул Кояш системасы чикләреннән арырак, Галактика үзәгенә таба юнәлештә урнашкан. Радионурланыш безгә Галактика үзәгеннән яки кайчандыр кабынган суперяңа йолдызларның калдыкларыннан гына түгел, бәлки йолдызара мохиттән дә килә.

Йолдызара мохит радионурланышын төрле сәбәпләр тудыра. Мәсәлән, йолдызара киңлекләрдәге $10^4$ К га кадәр җылынган һәм ионлашкан эссе газ радиодулкыннар тарата. Газның (башлыча водородның) җылынуын һәм ионлашуын эссе йолдызлар һәм космик нурлар китереп чыгара. Радионурланышның (21 см лы дулкында) икенче чыганагы — нейтраль водород, йолдызара фәзада ул ионлашкан водородтан шактый күбрәк. Галактиканың радионурланышын тикшерү безнең аның турындагы мәгълүматларыбызны бертуктаусыз киңәйтә. Әйтик, мәсәлән, нейтраль водородны 21 см лы дулкында күзәтүләр спираль тармакларның ничек урнашуын ачыкларга ярдәм итә, чөнки аларда йолдызара газ аеруча күп. Мондый күзәтүләр газның да, йолдызлар кебек үк, Галактиканың әйләнешендә катнашканлыгын күрсәтәләр. Бу исә радиокүзәтүләр нигезендә Галактиканың әйләнүендәге закончалыкларны төгәлрәк белергә юл ача.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Йолдызлар картасыннан файдаланып, Киек Каз Юлының кайсы йолдызлыклар аша үтүен, һәм аның күк экваторын кайсы йолдызлыкларда кисеп үткәнлеген күздән кичерегез. 2. Галактика нәрсәләрдән тора? 3. Галактика ничек төзелгән? 4. Галактиканы «безнең йолдыз системабыз» дип атау дөрес булырмы? 5. Галактикада материянең нинди төрләре очрый? 6. Галактиканы диаметры буенча кисеп үтү өчен, яктылык нурына ничә ел кирәк? 7. Кояш Галактиканың кайсы тирәсендә урнашкан? 8. Кояш апексы кайсы йолдызлыкта урнашкан? 9. Галәмдә очрый торган түбәндәге хәрәкәт тизлекләрен чагыштырып карагыз: Җирнең Кояш тирәсендә хәрәкәт итү тизлеге, Кояшның иң якын йолдызларга карата хәрәкәт итү тизлеге һәм Кояшның Галактика үзәге тирәли хәрәкәт итү тизлеге. **10*.** Кояш концентрациясе 1 $см^3$ да $\approx 0{,}1$ нейтраль водород атомы булган болыт эчендә урнашкан. Бу санны һавада нормаль атмосфера басымы булгандагы кисәкчекләр саны белән һәм 1 $см^3$ га $10^{10}$ атом туры килә торган иң яхшы вакуум камераларындагы белән чагыштырыгыз. **11*.** Әгәр а) шарсыман йолдыз тупланышында күренмә яктырышы $15{,}1^m$, ә абсолют йолдызча зурлыгы $0^m$ булган цефеид барлыгы; б) тупланышның почмакча диаметры $12'$ икәнлеге билгеле булса, аңа кадәр ераклыкны һәм тупла-

нышның үлчәмнәрен табыгыз. **12.** Галактикага кергән йолдызлар саны коралсыз күзгә берьюлы күренә торган йолдызлар саныннан ($3 \cdot 10^3$) ничә тапкыр зуррак? **13.** Җир йөзендә $6 \cdot 10^9$ кеше яши дип исәпләп, безнең планетаның һәр кешесенә Галактиканың ничә йолдызы «туры килгәнлеген» ачыклагыз.

## § 29. БАШКА ГАЛАКТИКАЛАР

**1. Башка галактикаларны ачу.** XX гасыр башларында күк йөзенең төрле өлкәләрендә күренгән кайбер томанлы тапларның безнең Галактикадан читтә урнашкан булуы һәм һәркайсының, безнең Галактикабыз кебек, миллиардларча йолдыздан торган *башка галактикалар* икәнлеге исбат ителде. Кояш системасын бу дөньялардан аерып торган гаять ерак аралар безне ул йолдызларны коралсыз күз белән аерып күрү мөмкинлегеннән мәхрүм итә. Аның каравы телескоп кеше каршысында Галәмнең чын мәгънәсендә төпсез тирәнлекләрен ачып сала: хәзерге заманның иң зур телескоплары Галәмнең *миллиардлаган галактика* урнашкан өлкәләренә үтеп керә ала, Галактикалар дөньясын тикшерү эше белән *галактикадан тыш астрономия* шөгыльләнә. Күзгә күренмәс микродөнья серләренә үтеп керә торган элементар кисәкчекләр физикасы кебек үк, галактикадан тыш астрономия дә чиксез мегадөньяның бездән бик ерак урнашкан һәм коралсыз күзгә күренми торган космик объектларын өйрәнә, Галәм турындагы белемнәребезне киңәйткәннән-киңәйтә.

**2*. Галактикаларның үлчәмнәрен, ераклыкларын һәм массаларын билгеләү.** *Галактикаларга кадәр ераклыкны* билгеләү ысулларыннан берсе башка галактикаларда ачылган цефеидларның, яңа һәм суперяңа йолдызларның күренмә һәм абсолют йолдызча зурлыкларын билгеләүгә нигезләнә. Үзләрендә цефеидлар, яңа һәм суперяңа йолдызлар ачылган галактикаларга кадәр ераклыкны (41) формуласы буенча хисаплап табарга була. Галактикага кадәр ераклыкны $r$ белән, сызыкча диаметрын $D$, почмакча диаметрын $d''$ белән билгеләсәк, *галактиканың диаметрын* табу өчен, түбәндәге формуланы чыгару кыен түгел:

$$D = \frac{rd''}{206\,265''}, \tag{51}$$

биредә $D$ һәм $r$ парсекларда, ә $d''$ дуга секундларында күрсәтелә.

Безгә иң якын булган Галактиканың (*Андромеда Томанлыгының*) сызыкча диаметры 40 кпк дан кимрәк түгел, ягъни ул безнең Галактика диаметрыннан зуррак.

Безгә якын урнашкан теге яки бу галактиканың төрле өлешләрендә күзәтелә торган спектраль сызыкларның тайпылышы галактикаларның күчәр тирәсендә әйләнүләре турында сөйли. Әгәр галактиканың читендә (аның үзәгеннән $R$ кадәр ераклыкта) урнашкан бер өлкә $v$ кадәр сызыкча тизлеккә ия икән, ул өлкәнең үзәккә омтылу тизләнеше $\frac{v^2}{R}$ булыр. Аны бөтендөнья тартылу законы $\frac{GM}{R^2}$ формуласыннан (биредә $M$ — галактика төшенең массасы) табылган гравитацион тизләнешкә тигезлик:

$$\frac{GM}{R^2} = \frac{v^2}{R},$$

һәм моннан галактика төшенең массасын табабыз:

$$M = \frac{Rv^2}{G}. \qquad (52)$$

Бөтен галактиканың массасы аның төш массасына караганда 10—100 тапкыр (1—2 тәртипкә) зуррак. Мәсәлән, Андромеда йолдызлыгындагы галактиканың массасы $10^{40}$ кг чамасы (якынча $10^{10}$ Кояш массасы кадәр), ә бөтен галактиканың — 100 тапкырлар зуррак (безнең Галактиканың массасы да шундый ук).

**3. Галактикаларның күптөрле булуы.** Галактикалар дөньясы үзенең төрлелеге белән таңга калдыра. Галактикалар *үлчәмнәре,* үзләренә кергән *йолдызлар саны, яктыртучанлыклары, тышкы күренешләре* белән бер-берсеннән бик нык аерылалар. Аларны номерлар белән билгеләп, каталогларга теркәп куялар. Бер үк галактикаларга төрле каталогларда төрле номерлар сугылган. Мәсәлән, М 31, М 82 ( Мессье каталогы) яки NGC 224, NGC  3034 («Яңа гомуми каталог» — New General Catalogue).

Тышкы күренешләре буенча галактикаларны шартлы рәвештә өч типка бүлеп карыйлар: *эллиптик, спираль* һәм *төзек* булмаган галактикалар.

Эллиптик галактикаларның күләм формасы — теге яки бу дәрәҗәдә кысылган (яньчелгән) эллипсоидлар. Эллиптик галактикалар арасында гаять зурлары да, кәрләләре дә очрый. Өйрәнелгән галактикаларның чиреге чамасы эллиптик галактикаларга карый. Болар — структуралары ягыннан иң гади галактикалар. Аларда йолдызлар үзәктән кырыйга таба әкренләп кими, тузан һәм газ юк диярлек. Иң якты йолдызлары — кызыл гигантлар.

Спираль галактикалар иң күп таралган тип итеп исәпләнә (рәс. 97, 98). Безнең Галактика белән гаять зур Андромеда

Рәс. 97. NGC 224 спираль галактикасы (Андромеда Томанлыгы).

Томанлыгы (М 31 яки NGC 224. рәс. 97) да шуңа карый. Аның бездән ераклыгы 2,5 млн яктылык елы чамасында. Коралсыз күзгә дә күренә торган сирәк галактикаларның берсе ул. Спираль галактикаларның массалары $10^8 - 10^{12}$ К массасы чамасында. Безгә иң якын булган М 31 галактикасы үзе матур булса да, куркынычлы. Берничә миллион елдан соң ул Галактика белән бәрелешергә мөмкин.

Рәс. 98. Ау этләре йолдызлыгында куш галактика.

Рәс. 99. Төзек булмаган галактикалар: Зур (сулда) һәм Кече (уңда) Магеллан Болытлары (тиңдәшле рәвештә Алтын Балык һәм Тукан йолдызлыкларында).

Рәс. 100. Центавр А (Кентавр А) радиогалактикасы.

Төзек булмаган галактикаларның үзәк төше юк һәм аларның төзелешендә закончалык сизелми. Җирнең Көньяк ярымшарында яшәүчеләр гади күз белән ике төзек булмаган галактиканы — безнең Галактиканың иярченнәре булган *Зур* һәм *Кече Магеллан Болытларын* күзәтә алалар (рәс. 99). Алар бездән чагыштырмача ерак түгел, Галактика диаметрыннан бер ярым тапкыр гына зуррак ераклыкта урнашканнар. Магеллан Болытлары масса һәм үлчәмнәре ягыннан безнең Галактикадан шактый калыша. Магеллан Болытларын өйрәнү йолдызлар, йолдыз тупланышлары һәм диффуз материя турында бик кыйммәтле мәгълүмат алырга мөмкинлек бирә. Мәсәлән, Зур Магеллан Болытында суперяңа йолдыз ачылуын исегезгә төшерегез (151 б.).

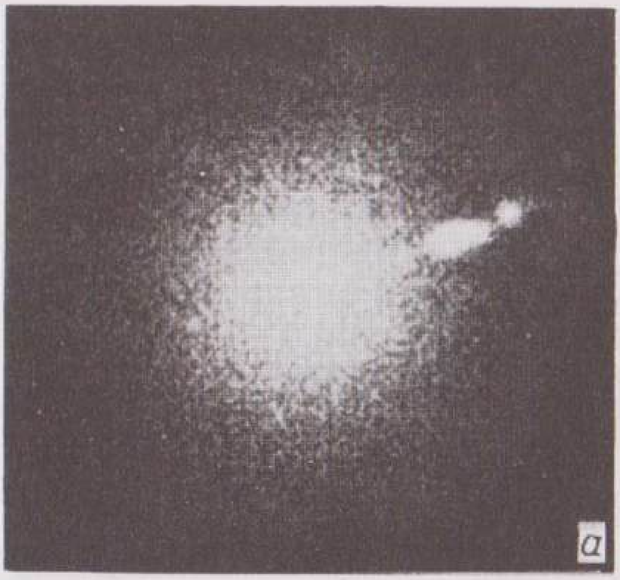
Эллиптик, спираль һәм төзек булмаган галактикалардан үзгәрәк булган башка төр галактикалар да очрый. Мәсәлән, үзара тәэсир итешүче галактикалар шундыйлардан. Алар, гадәттә, бер-берсеннән әллә ни ерак урнашмаган, якты материядән торган «күперләр» белән үзара тоташканнар, кайчак исә бер-берсенә үтеп кергән кебек күренәләр.

**4. Радиогалактикалар һәм галактика төшләренең активлыгы.** Кайбер галактикалар гадәттән тыш куәтле радионурланыш тараталар, ул күзгә күренә торган нурланыштан да көчлерәк була. Бу — радиогалактикалар. Аларның берсе *Аккош* йолдызлыгында урнашкан (Аккош А). Аның күренмә йолдызча зурлыгы $18^m$ чамасында (оптик диапазонда бик тонык объект булганга, бу галактиканы хәтта NGC каталогына теркәп тә тормаганнар). Ләкин бездән 200 Мпк тирәсе ераклыкта урнашкан Аккош А галактикасының абсолют йолдызча зурлыгы $-20,5^m$ га җитә. Ул да безнең Галактикабыз шикелле гаять зур системадан гыйбарәт. Әмма, безнең Галактикадан һәм башка «нормаль» галактикалардан аермалы буларак, Аккош А радиодиапазонда оптик диапазонга караганда күбрәк энергия тарата. Аккош А галактикасында ике төш барлыгы күренә, алар барыннан да элек бу галактиканың үзәгендә куәтле шартлаудан барлыкка килгән булсалар кирәк (хәер, моның ике галактика бәрелешү нәтиҗәсе булуы да ихтимал).

Радионурланышның билгеле чыганакларыннан икенчесе — *Центавр* йолдызлыгындагы NGC 5128 номерлы шарсыман галактика (рәс. 100). Бу галактиканың фоторәсемендә тузаннан гыйбарәт гаять зур караңгы болытлар аермачык беленә, алар галактиканы ике өлешкә бүлеп торган кебек тоелалар.

Безгә иң якын радиогалактикаларның берсендә (Кыз А; M 87 яки NGC 4486) төштән атылып чыккан газ агынтысы ачык күренә (рәс. 101). Агынтының озынлыгы берничә мең яктылык елына җитә, аның эчендә аерым куермалар да беленеп тора.

Әле күптән дә түгел, суперяңа йолдызлар кабынышын шартлау процесслары арасында иң куәтлесе дип исәпли иделәр. Әмма галактикалар төшендә шартлау булган вакытта күп



**Рәс. 101. Кыз А радиогалактикасы: а) матдә атылып чыккан галактиканың гомуми күренеше; б) матдә ташкынының структурасы.**

тапкыр зуррак энергия аерылып чыга. *Галактикаларның төшләрендә күзәтелә торган активлык* түбәндәге төп күренешләрдә чагыла: берәзлексез матдә агымнары ташып тору; массалары миллионнарча Кояш массасы кадәр булган газ куермалары һәм газ болытлары атылып чыгу; төш тирәсендәге өлкәдән җылынута бәйле булмаган радионурланыш таралу; галактиканы радиогалактикага әвереелдерә торган шартлаулар. Галактика төшләренең активлык сәбәпләре әлегә ачык түгел. Галактика төшләренең активлыгын безнең илдә күп еллар буена академик В. А. Амбарцумян һәм аның шәкертләре тикшереп килделәр.

**5. Квазарлар.** Радиокүзәтүләр 1963 елда йолдызларга охшаш гаҗәеп радионурланыш чыганакларын ачуга китерделәр. Аларны **к в а з а р л а р** дип атадылар. Хәзер инде аларның меңнән артыгын ачтылар. 3С 273 дип тамгаланган (3С — радиочыганаклар теркәлгән өченче Кембридж каталогының кыскартылган атамасы) иң якты квазар $12{,}6^m$ лы йолдыз кебек күренә. Чынлыкта исә бездән 3 млрд яктылык елы кадәр ераклыкта торган бу квазар оптик диапазонда иң якты галактикаларга караганда да күбрәк энергия нурландырып тарата. Бу квазарның яктыртучанлыгы Андромеда йолдызлыгындагы галактиканың яктыртучанлыгыннан 500 тапкырга артык. 3С 273 нең радиодиапазондагы нурланыш энергиясе Аккош А радионурланышы белән чагыштырырлык. Моннан тыш, бу квазар иң куәтле рентген нурланышы чыганакларыннан берсе булып чыкты. Бу «тонык йолдыз» әле берәүнең дә игътибарын җәлеп итмәгән вакытларда йолдызлы күк йөзенең шул өлкәсе сурәтләнгән иске фоторәсемнәрне чагыштыргач, *квазар яктырышының даими калмаганлыгын* күрделәр. Бу исә квазарның үлчәмнәрен бәяләргә мөмкинлек тудырды. Алар бер яктылык елыннан да артык түгел. Димәк, квазар һәрхәлдә гадәти йолдызлардан зуррак, ләкин, әйтик, безнең Галактикадан күп тапкырлар кечкенәрәк.

Квазарлар үзләренең массалары белән дә гадәти йолдызга охшамаган. Хисаплаулар күрсәткәнчә, квазарларның массасы күп миллионнарча Кояш массасына җитә. Хәзерге вакытта билгеле булган бер генә чыганак та, шул исәптән термотөш синтезы да, квазарның ифрат куәтле нурланышын тудыра һәм аны озак вакытлар буена дәвам иттерә алмый. Бүгенгә билгеле булган иң ерак квазарлардан яктылык безгә 10 млрд елдан да озаграк килә. *Квазарлар — бик ерак галактикаларның чиктән тыш актив төшләре* дигән фикер хакыйкатькә якынрак төсле.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

**1.** Безнең Галактикадан читтә нинди объектлар ачылган? **2.** Сез нинди спираль галактикаларны беләсез? **3.** Эллиптик һәм төзек булмаган галактикалар спираль галактикалардан нәрсә белән аерыла? **4.** Радиогалактикалар кайсы яклары белән үзенчәлекле? **5.** Сезгә галактика төшләре активлыгының нинди чагылышлары билгеле? **6.** Сезгә квазарлар турында ниләр билгеле? **7.** Бүген кич (күк болытсыз булса) күк йөзендә M31 не табып булырмы? **8.** Дәреслектә телгә алынган галактикаларның кайсыларын урта киңлекләрдә күзәтеп булмый? **9.** Якындагы спираль галактикаларда цефеидларны күзәтеп, ул галактикаларга кадәр ераклыкны ничек билгеләргә? (*Безгә галактикалардан килгән яктылыкның йотылуын исәпкә алсаң, нәтиҗә ничек үзгәрер? Яктылыкның йотылуын исәпкә алу галактикаларның хисапланган диаметрларына тәэсир итәрме?) **10.** Безгә иң якын булган галактикага кадәр ераклык күпме? Аның үлчәмнәре һәм массасы нинди?

## § 30. МЕТАГАЛАКТИКА

**1. Галактика системалары һәм Галәмнең зур масштаблы структурасы.** Галактикалар да, йолдызлар шикелле, төркем-төркем булып күзәтелә. Мәсәлән, безнең Галактиканы, Магеллан Болытларын һәм безнең Галактиканың тагын 20 ләп кечерәк иярченен кабатлы система дип карарга була. Берничә иярчен эллиптик галактика белән чолгап алынган Андромеда Томанлыгы да кабатлы система булып чыкты.

Безнең Галактика һәм Андромеда Томанлыгы галактикаларның җирле төркеменә (системасына) керәләр, аның үлчәмнәре йөз меңнәрчә парсекка җитә. Җирле төркем чагыштырмача кечкенә системадан гыйбарәт, чөнки йөзләрчә һәм меңнәрчә галактикаларны үз эченә алган тупланышлар да бар.

Безгә иң якын галактикалар тупланышы Кыз йолдызлыгында урнашкан һәм ул йөзләрчә эре галактикалардан тора. Аңа кадәр ераклык 20 Мпк чамасы, ә системаның диаметры 6 Мпк дан да артып китә. Галактикаларның эре тупланышлары

**Рәс. 102. Вероника Чәче йолдызлыгында галактикалар тупланышының үзәк өлеше.**

Вероника Чәче, Төньяк Таҗы, Геркулес һ. б. йолдызлыкларда урнашкан (рәс. 102).

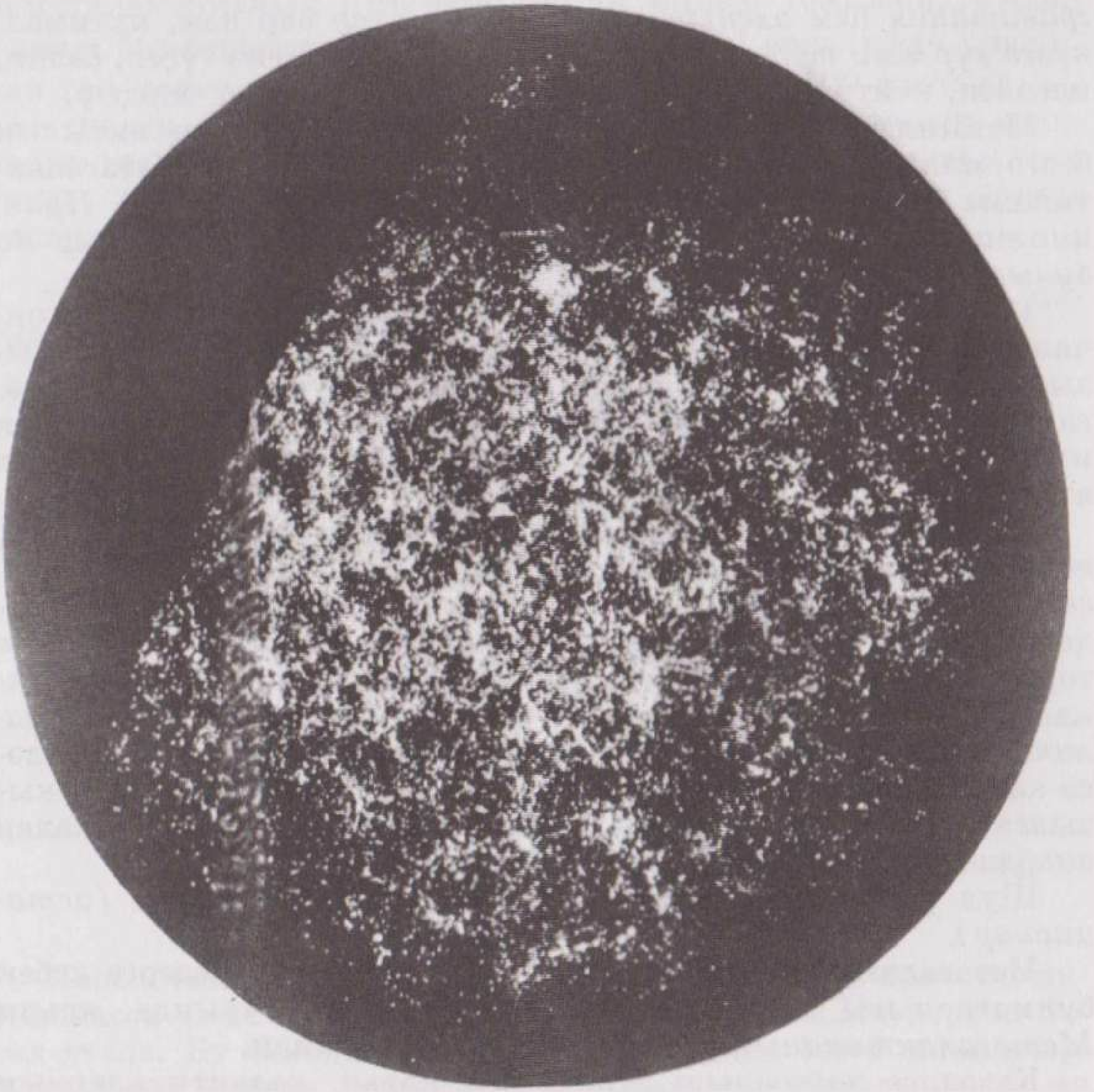
Тупланышлар тагын да зуррак системаларга кермиләрме? Галактикадан тыш астрономия мәгълүматлары галактикаларның җирле супертупланышы булуын, аңарда 10 меңләп галактика исәпләнүен, ә диаметры 50 Мпк тирәсе булырга мөмкин икәнлеген күрсәтәләр. Аның үзәгендә Кыз йолдызлыгындагы галактикалар тупланышы урнашкан. Уннарча башка супертупланышлар да ачылды (аларның иң якын дигәннәре бездән 100 Мпк ераклыкта торалар). Шул рәвешле, *атом төшләреннән алып галактикаларның гаять зур супертупланышларына кадәр булган төрледән-төрле баскычларында Галәмгә структуралылык хас.*

XX гасырның 70 нче елларында астрономнар супертупланышларда галактикаларның бертигез таралып урнашмавын, бәлки эчләрендә галактикалар бөтенләй диярлек булмаган күзәнәкләрнең чиге янында тупланган булуын ачтылар. Теоретиклар галактикаларның шушылай урнашу ихтималын алдан күргәннәр иде, шуңа күрә бу ачыш көтелмәгән яңалык булмады. Димәк, хәзерге күзаллаулар буенча, Галәмгә *күзәнәкле* (кайчагында *челтәрле*, яки *кәрәзсыман* дип тә әйтәләр) *структура* хас, күк йөзе өлкәләренең махсус эшкәртелгән фоторәсемнәрендә моны ачык күреп була. Ул пәрәвезне хәтерләтә (рәс. 103).

Житәрлек кадәр зур һәм бик күп күзәнәкләрдән торган пәрәвез челтәрне күз алдына китерик. Әгәр дә һәр аерым күзәнәкнең үзенчәлегенә игътибар итмәсәк, эре масштабта аның төрле өлешләре бер-берсенә охшап торалар.

Без галактикаларның супертупланышлары күк йөзенә ничек проекцияләнүен сурәтләп карадык. Ә алар фәзада (пространствода) ничек урнашканнар? «Бушлыклар» күзәнәк эчләрендә генә түгел икән. Күптән түгел, галактикаларның фәзада ничек урнашуын тикшергән вакытта шундый «бушлыклар» (аларны «кара өлкәләр» дип атадылар) ачылды: андый фәзаның миллионнарча куб мегапарсек чамасындагы гаять зур күләмнәрендә әлегә галактикалар табылмады.

Шушы ачышлар яктылыгында карасак, Галәм структурасының күләмле моделе булып күбек ташы (пемза) хезмәт итәргә



Рәс. 103. Галәмнең эре масштаблы структурасы.

мөмкин. Гәрчә кечерәк кенә аерым кисәген караганда пемза бериш булмаса да (аңарда матдә һәм һава куыклары бар), тулаем алганда ул беришле. Галәмдә дә шулай: кечерәк масштабта, мәсәлән, Кояш системасы яки Галактика масштабында караганда, матдә аермачык тигезсез бүленеп урнашкан, ләкин *галактикаларның супертупланышлары масштабында алсак, матдә практик яктан тигез бүленгән.* Шулай итеп, Галәмнең эре масштаблы структурасында нииндидер аерым, үзенчәлекле урыннар яки юнәлешләр юк, шуңа күрә зур масштабларда Галәмне *бериш* дип кенә түгел, бәлки *изотроп* дип тә санарга мөмкин.

**2. Метагалактика һәм аның киңәюе.** Галәмнең хәзерге астрономик күзәтү ысуллары колачлый алган өлеше Метагалактика (яки безнең Галәм) дип атала. Метагалактикада галактикалар арасындагы күләм гадәттән тыш сирәк *галактикаара газ* белән тулган, аны *космик нурлар* кисеп үтә, аңарда *гравитация* һәм *электромагнитик кырлар* бар һәм, ихтимал, *күзгә күренми торган матдә* («гадәти» матдә генә түгел, бәлки, мәсәлән, нейтринодан торучы матдә) массалары да бардыр.

Метагалактиканың аеруча ерак объектларыннан яктылык безгә миллиард еллар буена килә. Тик шулай да Метагалактиканы бөтен Галәм белән тәңгәлләштерергә нигез юк. *Принципта, безгә әлегә билгесез башка метагалактикалар да булырга мөмкин.*

1929 елда Америка астрономы Э. Хаббл гаҗәеп бер закончалыкны ачты: күпчелек галактикаларның спектрында сызыклар кызылга таба тайпылган һәм, шуның белән бергә, галактика бездән ераграк урнашкан саен, бу тайпылыш зуррак икән. Бу кызыклы күренеш кызылга тайпылыш дип атала.

Кызылга тайпылышны Доплер эффекты белән аңлатып, галимнәр *безнең Галактика белән башка галактикалар арасындагы ераклык берөзлексез арта бара* дигән нәтиҗәгә килделәр. Әлбәттә, галактикалар безнең Галактикадан төрлесе төрле якка таралмый, чөнки безнең Галактика Метагалактикада бернинди дә аерым урын тотмый, чынлыкта *барлык галактикалар да бер-берсеннән ераклашалар* гына. Бу исә теләсә кайсы галактикада торган күзәтүче дә, безнең кебек үк, кызылга тайпылышны ача алыр һәм аңа да барлык галактикалар аңардан ераклашкан кебек тоелыр иде.

Шул рәвешле, *Метагалактика стационар түгел (астационар).*

Метагалактиканың киңәюен ачу электә аның хәзерге кебек булмаганлыгы һәм киләчәктә дә үзгәрәчәге турында, ягъни *Метагалактиканың эволюциясе* турында сөйли.

Кызылга тайпылыш зурлыгына карап, галактикаларның ераклашу тизлекләре хисаплап чыгарылган. Күп кенә галактикалар өчен ул гаять зур, хәтта аларны яктылык тизлеге белән

чагыштырырга була. Метагалактиканың бездән иң ерак объектлары дип исәпләнгән квазарлар кайчагында 250 000 км/с тан да артык булган иң зур тизлеккә ия.

Кызылга тайпылышның (димәк, галактикаларның ераклашу тизлегенең дә) галактикаларга кадәр ераклыкка пропорциональ рәвештә арта бару законын (Хаббл законын) түбәндәгечә язып куярга мөмкин:

$$v = Hr, \tag{53}$$

биредә $v$ — галактиканың нур буенча тизлеге; $r$ — аңа кадәр ераклык; $H$ — **Хаббл (Hubble) константасы,** төгәлрәк итеп әйтсәк,— **Хаббл параметры**.

Хәзерге бәяләүләр буенча, $H$ ның кыйммәте $50$ км/(с · Мпк) $< H <$ $100$ км/(с · Мпк) чикләрендә булырга тиеш. Димәк, Метагалактиканың күзәтелә торган киңәю темплары түбәндәгечә: бер-берсеннән 1 Мпк ($3{,}08 \cdot 10^{19}$ км) ераклыкта урнашкан галактикалар бер-берсеннән 50 дән алып 100 км/с ка кадәр тизлек белән ераклашалар. Әгәр дә галактиканың ераклашу тизлеге (44) формуласы буенча хисаплап чыгарылган булса, (53) формуласы ерак галактикаларга кадәр араны хисапларга мөмкинлек бирә.

**13 нче мисал.** Ераклашу тизлеге $1{,}5 \cdot 10^4$ км/с булган галактика сездән күпме ераклыкта урнашкан?

| Бирелгән: | Чишү: |
|---|---|
| $v = 1{,}5 \cdot 10^4$ км/с<br>$H = 50$ км/(с · Мпк) | $v = Hr$,<br>$r = \frac{v}{H}$. |
| $r$ — ? | $r = \frac{1{,}5 \cdot 10^4 \text{км/с}}{5 \cdot 10 \text{км/(с} \cdot \text{Мпк)}} =$<br>$= 0{,}3 \cdot 10^3$ Мпк $=$ 300 Мпк.<br>Җавап: $r = 300$ Мпк. |

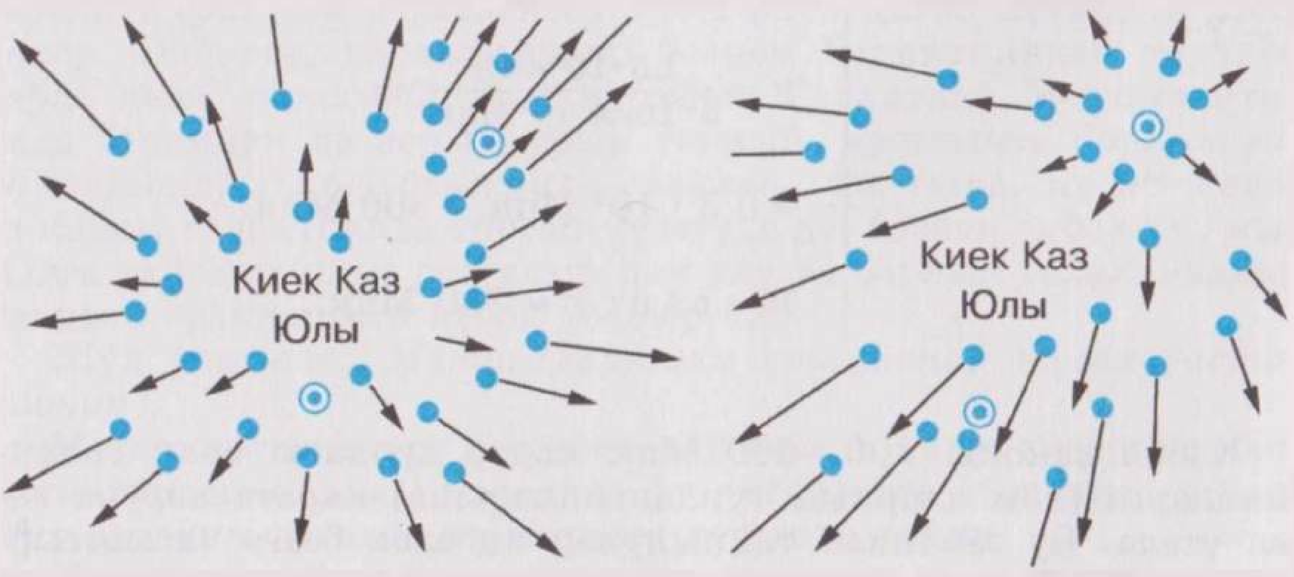
Хаббл законы 100—300 Мпк кадәр арадагы ерак галактикаларга (һәм аларның тупланышларына) карата аеруча төгәл үтәлә. Бу законнан тайпылулар иң элек безгә чагыштырмача якын булган галактикаларга карата күзәтелә, безгә иң якын урнашкан йолдызларныкы кебек үк, галактика тупланышлары эчендә һәркайсының аерым хәрәкәтләре нык сизелә.

Моңардан тыш, Хаббл законын галактикадан читтәге бик ерак объектлар, мәсәлән, тизлекләре $v > 100\,000$ км/с булган квазарлар өчен дә төгәл дип исәпләп булмый.

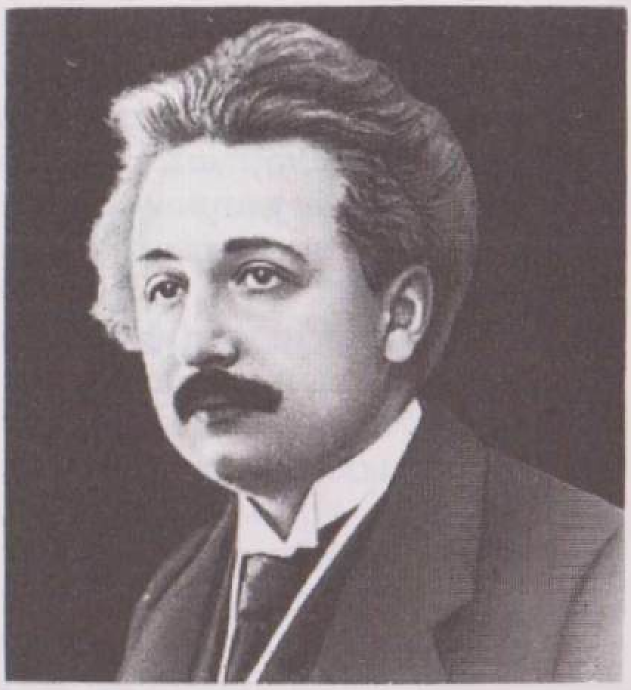
Шулай итеп, *без киңәя баручы Метагалактикада яшибез* (рәс. 104). Бу күренешнең үзенчәлекләре бар. Мәсәлән, безнең Кояш системасына, кабатлы йолдыз системаларына яки хәтта аерым галактикаларга охшаш системалар Метагалактика киңәюендә катнашмыйлар (моңа Кояш һәм планеталар арасында, кабатлы системаларда йолдызлар арасында яки галактикага кергән йолдызлар арасында тәэсир итүче гравитация көчләре комачаулый). Димәк, *Метагалактиканың киңәюе галактик тупланышлар* һәм *супертупланышлар*, ягъни галактикалар элемент буларак кергән системалар *баскычында гына чагылыш таба.* Тупланышлардагы галактикаларны кайчагында җылытыла торган матдә атомнары белән чагыштыралар. Җылыткан вакытта матдәнең күләме зурая, атомнар арасындагы ераклык арта, ләкин бу, әлбәттә, атомнарның үз зурлыгына йогынты ясый алмый.

Метагалактика киңәюенең икенче үзенчәлеге турында сез беләсез инде. Аның асылы шунда: *галактикалар таралышып киткән үзәк юк.*

Метагалактиканың киңәюен оптик һәм радиоастрономик күзәтүләр генә раслап калмый, бәлки алар теориядә алдан әйтелгән иде. 1922 елда Россиядә, Хаббл ачышыннан берничә ел элек, *А. А. Фридман* (1888—1925), *А. Эйнштейнның* (1879—1955) чагыштырмалылык теориясенә нигезләнеп, Галәмнең геометрик үзлекләре үзгәрергә тиешлеген, ягъни галактикалар арасындагы ераклыкларның даими кала алмавын күрсәтте. Белгәнегезчә, Хабблның ачышы Метагалактиканың киңәюе хакында сөйли.




**Рәс. 104. Галактикаларның «таралышуы».**



**Альберт Эйнштейн (1879—1955).**

Әгәр Метагалактиканың киңәюе элек тә хәзерге кебек тизлектә барган дип фараз итсәк, киңәюнең кайчан башланганлыгын хисаплап чыгарырга мөмкин. Бер-берсеннән 1 Мпк кадәр ераклыктагы теләсә кайсы ике галактика 50—100 км/с тизлек белән ераклашканлыктан, $\frac{1}{H}$ — Хаббл константасына кире зурлык — безгә Метагалактика киңәя башлаган мизгелдән алып күпме вакыт үткәнлеге турында мәгълүмат бирә. Бу вакыт арасы, төрле бәяләүләргә караганда, 20—13 млрд ел тәшкил итә.

*Метагалактиканың киңәюе — табигатьтә хәзерге вакытта билгеле булган иң мәһабәт, иң олуг күренеш.* Аны дөрес аңлату дөньяга караш ягыннан гадәттән тыш зур әһәмияткә ия. Бу күренешнең сәбәбен аңлатуда галимнәрнең фәлсәфи карашларында чагылган кискен аермалар очраклы хәл түгел. Аларның кайберләре, Метагалактиканы бөтен Галәм белән тәңгәлләштереп, Метагалактиканың киңәюе Галәмнең гайре табигый, илаһи көч белән килеп чыгуы турындагы карашны раслый дип исбат итәргә тырышалар. Ләкин электә Галәмдә әлеге киңәюне китереп чыгара алырдай табигый процесслар да билгеле. Бик ихтимал, бу — *шартлау* нәтиҗәседер. Аерым галактикаларны өйрәнгән вакытта ук инде шартлау күренешенең масштаблары безне таңга калдыра. *Метагалактиканың киңәюе дә гаять югары температурага һәм тыгызлыкка ия булган матдәнең бик көчле шартлавына («Олы шартлау») охшаш күренештән башланган* дип күз алдына китерергә мөмкин.

**3*. «Кайнар Галәм» гипотезасы.** Астрофизиклар башкарган хисаплаулар күрсәткәнчә, киңәю башланганнан соң ук, Метагалактика матдәсе бик югары температурага ия булган һәм элементар кисәкчекләр (мәсәлән, нуклоннар) белән аларның

антикисәкчекләреннән торган. Киңәя барган саен матдәнең температурасы һәм тыгызлыгы, шулай ук андагы кисәкчекләрнең төре дә үзгәргән, чөнки күп кенә кисәкчекләр һәм антикисәкчекләр *аннигиляцияләнгәннәр,* электромагнитик нурланыш квантларын тудырганнар. Безнең замандагы Метагалактикада бу квантлар йолдызларны, планеталар һәм диффуз материяне төзегән атомнарга караганда чагыштыргысыз күбрәк. Еш кына *«кайнар Галәм»* теориясе дип аталган бу гипотеза буенча, үтә тыгыз матдә, су тыгызлыгындагы матдәгә әйләнсен өчен, берничә минут кына кирәк булган. Берничә сәгать үтүгә, тыгызлык безнең һава тыгызлыгы дәрәҗәсендәрәк булып калган, ә хәзер, миллиард еллар үткәннән соң, Метагалактикадагы матдәнең уртача тыгызлыгын хисаплау $10^{-28}$ кг/м$^3$ чамасындагы кыйммәтне бирә.

Әлеге хисаплаулар физика (механика, термодинамика, төш физикасы) законнарына нигезләнгән. Бу законнарны белү һәм галәмдә матдә бүленеше турындагы кайбер фаразлар моннан миллиард еллар элек барган процессларны күз алдына китерергә мөмкинлек бирәләр.

«Кайнар Галәм» гипотезасын тәҗрибәдә раслардык дәлилләр бармы соң? Мөгаен, без хәзер бу сорауга «әйе» дип җавап бирә алырбыздыр, чөнки 1965 елда ясалган бер ачыш үткән чорда Метагалактика матдәсенең бик тыгыз һәм кайнар булуы турындагы фикерне раслый дип исәплиләр. Космик киңлекләр Метагалактика үсешенең әле бернинди йолдыз, галактикалар, томанлыклар да булмаган борынгы чоры «шаһитлары» — электромагнитик дулкыннар белән тул-тулы икән. Бу электромагнитик нурланышны (аның температурасы 2,7 К гына) р е л и к т (калдык) н у р л а н ы ш дип атыйлар. Реликт нурланыш бөтен космик фәзага (пространствога), барлык галактикаларга тулган, ул Метагалактиканың киңәюендә катнаша.

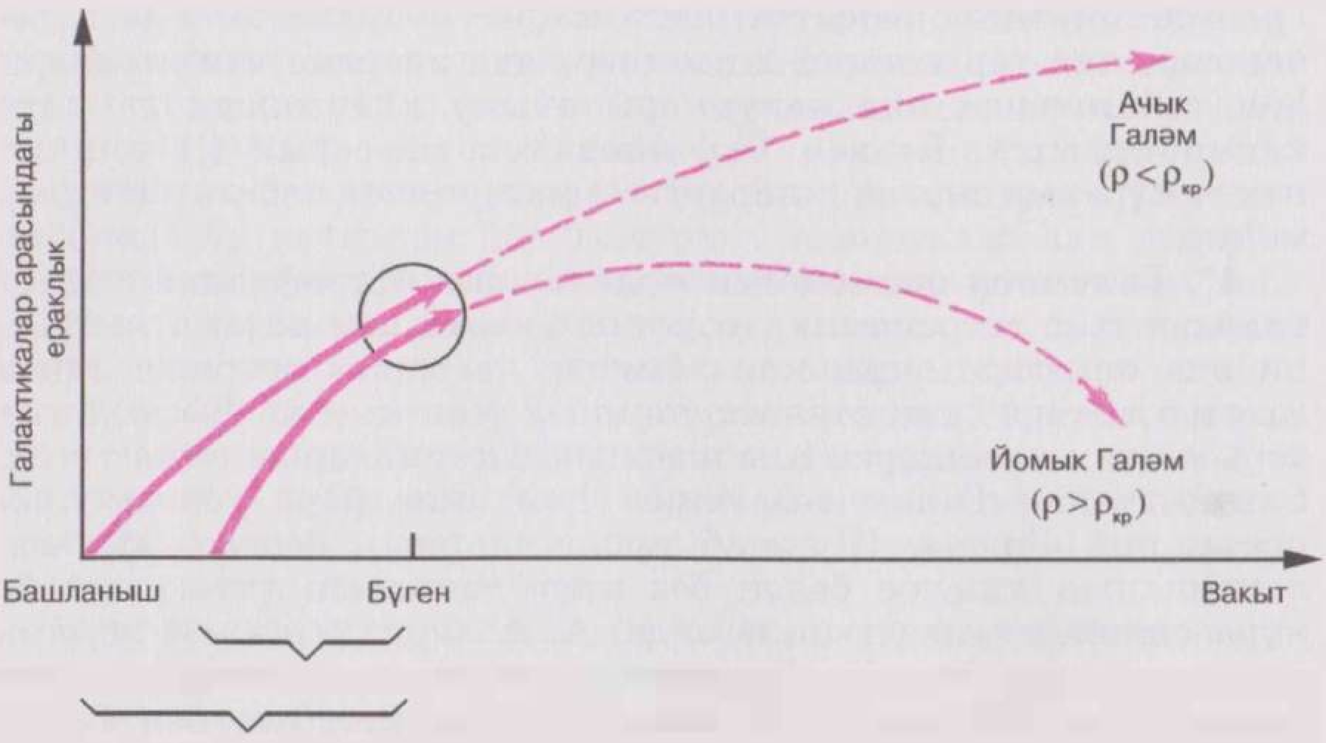
Реликт нурланыш беренче тапкыр 7,3 см лы дулкында радиокомачауларны өйрәнүче Америка галимнәре тарафыннан очраклы рәвештә ачыла. Шунысы мөһим: гәрчә бу ачыш очраклы гына булса да, реликт нурланышның булырга тиешлеген теоретиклар алдан ук әйткәннәр. Олы шартлаудан соң беренче минутларда барлыкка килгән химик элементларның килеп чыгышы турындагы теорияне эшләгәндә, Дж. Гамов (1904—1968) бу нурланышны беренче булып алдан күрә. Реликт нурланышны алдан күрү һәм аны космик фәзада табу (А. Пензиас һәм Р. Вильсон, АКШ) — дөньяны һәм аның закончалыкларын танып белү мөмкин икәнлегенә бик ышандырырлык тагын бер дәлил.

Галәмне тикшерү Җир шарында ачылган физика законнарына нигезләнә. Бу законнар Галәмне тикшерүдә яңа ысуллар эшләргә һәм хәзерге вакытта билгеле булган космик процессларның абсолют күпчелеген аңлатырга юл ачтылар. Ләкин

Галәмне өйрәнгән вакытта әлегә мәгълүм булмаган яңа күренешләр, яңа төр космик җисемнәр, яңа энергия чыганаклары һәм табигатьнең яңа кануннары ачылу ихтималын да кире кагып булмый. Безнең Галәмнең төп массасын (!) тәшкил иткән күренми торган («караңгы») материянең табигатен аңлау мөһим.

**4*. Галәмнең космологик модельләре.** Астрофизика, галактикадан тыш астрономия, теоретик физика һәм математиканың иң яңа өлкәләре очрашкан «фәннәр чатында» астрономиянең космология дип аталган тармагы үсеп чыкты. Космология аерым күк җисемнәрен һәм аларның системаларын гына түгел, бәлки тулаем Галәм төзелешен һәм анда бара торган процессларны өйрәнә. Шундый процессларның берсе — Метагалактиканың киңәюе белән без инде танышып үттек һәм бу күренешнең ачылачагын, асылда, А. А. Фридман алдан күргән булуын да беләбез. Ул Галәмнең гадиләштерелгән математик моделеннән файдалана, бу модель бериш һәм изотроп Галәм моделе дип атала. Галәмнең эре масштаблы структурасы турындагы беренче күзаллаулар мондый модельгә каршы килми. Ләкин шулай да сүзнең Галәм төзелеше картинасын мәгълүм дәрәҗәдә гадиләштерү турында барганлыгын истә тоту кирәк. Чынбарлыктагы дөньяда бара торган катлаулы процессларны математик яктан тикшергәндә андый гадиләштерү зарури алым булып исәпләнә. Галәмнең төзелеше һәм үсешүзгәреше гадиләштерелгән математик схемалардан һәм модельләрдән шактый катлаулырак булырга тиеш.

Хәзер Метагалактика киңәя-киңәюен, *(кайбер мәгълүматларга караганда, хәтта тизләнеп киңәя)*, ә киләчәктә аның белән ниләр булыр? А. А. Фридман теориясе, Галәмдә материянең уртача тыгызлыгына бәйле рәвештә, төрле ихтималлыкларга юл куя (рәс. 105). Мәсәлән, әгәр дә материя тыгызлыгы $10^{-26}$ кг/м$^3$ ка караганда ун тапкырлар кимрәк зурлыкта булса, без «ачык» дөньяда, ягъни чиксез зур Галәмдә яшибез дигән сүз, ә анда галактикалар һәрвакыт бер-берсеннән ераклашачаклар гына. Уртача тыгызлык турындагы мәгълүматлар ($\approx 10^{-28}$ кг/м$^3$) нәкъ шушы очракка ишарәле кебек. Ләкин әгәр дә галактикаларда һәм галактика тупланышларында нindидер *яшерен матдә массалары* барлыгын дәлилләп бирсәләр *(ә безнең Галәмне төзегән матдәнең 90% тан артыгы «күзгә күренми торган» матдәдән гыйбарәт булуы да ихтимал)*, уртача тыгызлык инде башкача булыр. Ул чагында ерак киләчәктә Метагалактиканың киңәюе кысылу белән алмашыначак. Ләкин хәтта «йомык» дөнья очрагында да Галәмнең бернинди чикләре юк, ул йомык, ләкин шул ук вакытта чиксез дә. Хикмәт шунда: матдәнең гаять зур массалары фәзаны кәкрәйтәләр, һәм ул Евклидча булудан туктый, анда яктылык нурлары туры сызык буенча таралмыйлар, ә туры сызык инде ике нокта арасында иң кыска арада булмый. Евклид фәза-




Рәс. 105. Ике төп космологик модель.

сында чиксез һәм тәмамсыз булу тәңгәл төшенчәләр, мәсәлән, яссылык (ике үлчәмле Евклид фәзасы) чиксез һәм тәмамсыз була. Евклидча булмаган кәкрәйгән фәзаның мисалы — сфера (шар өслеге). Сфераның да чикләре юк (ул чиксез), әмма ул тәмамлы, һәм без аның мәйданын хисаплап таба алабыз. Өч үлчәмле кәкрәйгән фәзаны (пространствоны) күз алдына китерү кыен, ләкин ул да, Евклидча булмаган ике үлчәмле фәза кебек үк, чиксез һәм шул ук вакытта тәмамлы булырга мөмкин.

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Нәрсә ул Метагалактика? 2. Сез Галәмнең эре масштаблы нинди үзлекләре белән таныштыгыз? 3. Хаббл законы нәрсәдән гыйбарәт? Аңа кергән константаның мәгънәсе нәрсәдә? 4*. Футбол камерасы өслегенә акбур белән берничә нокта төртеп куегыз. Камераны өреп кабартканда, ноктаалар арасындагы ераклыклар ничек үзгәргәнен күзәтегез. Берәр ноктаны («үзебезнең Галактиканы») сайлап алыгыз. Аның белән а) күрше ноктаалар арасындагы; б) аргы ноктаалар арасындагы ераклыклар бертигез үзгәрерме? 5. Ераклашу тизлеге $6 \cdot 10^4$ км/с булган галактикадан безгә яктылык ничә ел килер? 6*. Әгәр Кояшны 1 см диаметрлы шар рәвешендә күз алдына китерсәк, Җирдән алып Кояшка кадәр ераклык, Кояш системасының үлчәмнәре, иң якын йолдызга кадәр ераклык, Галактиканың үлчәмнәре һәм ерак квазарларга кадәр ара чама белән күпме булыр? 7. Сезгә Галәмдә нинди шартлау процесслары билгеле? 8*. «Кайнар Галәм» гипотезасының асылы нәрсәдә һәм бу гипотеза нинди күзәтү мәгълүматларына нигезләнә? 9*. Теоретикларга бериш һәм изотроп Галәм

турындагы идея нигә кирәк булган һәм ул күзәтү мәгълүматларына ни дәрәҗәдә туры килә? **10.** Дөньяны һәм аның закончалыкларын танып белү мөмкинлегенә астрономиядән мисаллар китерегез. **11*.** Метагалактиканың киңәю күренешен дөрес аңлатуның дөньяга караш өчен нинди әһәмияте бар?

## § 31. ГАЛАКТИКАЛАРНЫҢ ҺӘМ ЙОЛДЫЗЛАРНЫҢ КИЛЕП ЧЫГЫШЫ ҺӘМ ЭВОЛЮЦИЯСЕ

**1. Кереш.** Күк җисемнәре бертуктаусыз хәрәкәт итәләр һәм үзгәреп торалар. Дистәләрчә мең еллар элек Җир күген башка йолдызлыклар бизәгән, миллиард еллар элек исә Җир дә, Ай да, планеталар да, Кояш та, күп кенә йолдызлар һәм галактикалар да булмаган. Фән, күк җисемнәренең һәм аларның системаларын өйрәнеп, аларның кайчан һәм ничек барлыкка килгәнлеген белергә тырыша. Астрономиянең күк җисемнәренең килеп чыгу һәм эволюциясе мәсьәләләре белән шөгыльләнә торган тармагын космогония дип атыйлар.

Хәзерге фәнни космогония гипотезалары — күп санлы күзәтү мәгълүматларын физика, математика һәм философия күзлегеннән карап гомумиләштерү нәтиҗәсе. Теге яки бу дәвергә хас космогония гипотезаларында табигать белеменең ни дәрәҗәдә үскәнлеге чагыла. Фәннең алга таба үсеше, астрономик күзәтүләрне дә үз эченә алып, әлбәттә, бу гипотезаны раслый яки кире кага. *Күзәтүләрдән билгеле булган күренешләрне аңлатып кына калмыйча, яңа ачышларны алдан күрә алган гипотезалар раслана.*

**2. Галактикаларның һәм йолдызларның яше.** Метагалактиканың яше чама белән $1{,}5 \cdot 10^{10}$ ел дип исәпләнә. Күрәсең, Метагалактика киңәюнең башлангыч стадияләреннән берсендә оешкан галактикаларның яше дә шуңа якын булыр. Һәр йолдыз шулай ук ниндидер бер мизгелдә барлыкка килгән. Аның яше шул мизгелдән башлап санала. Йолдызлар берьюлы барлыкка килмиләр һәм, димәк, «карт» йолдызлар да, «яшь» йолдызлар да очрарга тиеш.

Йолдызларның яше төрле юллар белән билгеләнә. Тупланышка кергән йолдызлар берьюлы барлыкка килгәннәр һәм бер үк яшьтә дип уйлау табигый. Шуңа күрә йолдызларның яшен билгеләү ысулларыннан берсе йолдыз тупланышларының яшен билгеләүгә нигезләнә.

Иң «карт» йолдызлар озак вакытлар буена яшәп килүче тупланышларга керергә тиеш. Бу — шарсыман тупланышлар, аларның яше $10^{10}$ ел чамасы. Шарсыман тупланышларда кызыл һәм сары йолдызлар күп. (Аларның яше берничә миллиард елга җитә.) Таркау тупланышлар «яшьрәк». Бу тупланышлардагы ак һәм күк төстәге супергигантларга берничә

миллион яшь чамасы. Спектраль күзәтү нәтиҗәләре бу бик гомуми фикерләрне раслыйлар. Аерым алганда, шарсыман тупланышларга кергән йолдызларда гелийдан авыррак элементлар Кояштагыга караганда күп тапкырлар азрак. Йолдызларның үсеш-үзгәреш теориясе әлеге күренешләрне «карт» йолдызларның авыр элементлар катнашмаган матдәдән барлыкка килүләре белән аңлата (иң «карт» йолдызлар формалашкан чакта мондый элементлар әле бөтенләй булмаган) (!).

**3. Йолдызларның килеп чыгышы һәм эволюциясе.** Йолдызлар галактикаларның эволюциясе барышында хасил булганнар. Күпчелек астрономнар *бу галактикалар эчендә әкренләп формалашкан диффуз материя болытларының куерыу (конденсацияләнүе) нәтиҗәсендә булган* дип исәпли. Бу гипотезаның башлангыч фаразларыннан берсе шуннан гыйбарәт: күзәтүләр күрсәткәнчә, «яшь» йолдызлар һәрвакыт газ һәм тузан белән тыгыз бәйләнгәннәр. Бу йолдызлар һәм диффуз материя галактикаларның спираль тармакларында тупланалар. Салкын йолдызара матдә массалары йолдызлар аеруча күпләп барлыкка килә торган урыннар булып исәпләнә, аларны *газ-тузан комплекслары* дип атыйлар. Безнең Галактиканың аеруча нык өйрәнелгән газ-тузан комплексы Орион йолдызлыгында урнашкан, аңа Ориондагы томанлык, тыгызрак газ-тузан болытлары һәм башка объектлар керә.

Салкын газ-тузан болытын күз алдына китерик. Тартылу (гравитация) көчләре аны кысалар, ул шарсыман формага керә. Кысылган вакытта болытның тыгызлыгы һәм температурасы арта. Йолдыз туып килә (протойолдыз). Аның өслегендәге температура хәзергә түбән, ләкин протойолдыз инфракызыл диапазонда нур тарата инде, һәм шуңа күрә туып килүче йолдызларны шактый күп санлы инфракызыл нурланыш чыганаклары арасыннан эзләп карарга була. Хәзер күп кенә обсерваторияләрдә протойолдызларны (һәм протогалактикаларны да) эзләү эше алып барыла.

Протойолдызның йолдыздан бер төп аермасы шунда: протойолдызда әлегә термотөш реакцияләре бармый, ягъни аңарда гадәти йолдызларның энергия чыганагы юк әле. Протойолдыз кысылу процессында, аның эчкәреге өлешендә температура $10^7$ К га җиткәч, термотөш реакцияләре башлана. Шул вакыттан алып йолдызның кысылу стадиясе тәмамлана: эчке газ басымы инде хәзер йолдызның тышкы өлешләренең гравитация көчен тигезләштереп тора ала.

Массалары Кояш массасыннан шактый зуррак булган йолдызларның *кысылу стадиясе* йөз меңнәрчә ел гына дәвам итә, ә массалары Кояшныкыннан кимрәк булган йолдызлар йөз миллионнарча еллар буена кысылуларын дәвам иттерәләр. Йолдызның массасы зуррак булган саен, тигезләнешкә югарырак температурада ирешелә. Шуңа күрә, инде белгәнегезчә, зур массалы йолдызлар иң зур яктыртучанлыкка ия.

Кысылу стадиясен *стационар стадия* алмаштыра, бу вакытта водород әкренләп кенә «янып ята». Үз гомеренең күп өлешен йолдыз стационар стадиядә үткәрә. «Спектр — яктыртучанлык» диаграммасының төп эзлеклелегендә урнашкан йолдызлар нәкъ менә шушы стадиядә киңәяләр. Безгә мәгълүм булганча, мондый йолдызлар аеруча күп. Йолдызның төп эзлеклелектә булу вакыты аның массасына туры пропорциональ, чөнки төш ягулыгының ресурслары шуңа бәйле. Яктыртучанлык төш ягулыгының сарыф ителү тизлеген билгеләгәнлектән, бу вакытның дәвамлылыгы яктыртучанлыкка кире пропорциональ була. Ә йолдызның яктыртучанлыгы аның массасының якынча дүртенче дәрәҗәсенә пропорциональ булганга, массалары Кояш массасыннан берничә тапкыр зуррак булган «салкын» йолдызларның үзгәреше тизрәк бара. Стационар стадиядә алар берничә миллион ел гына булалар, ә Кояшка охшашлы йолдызлар миллиард еллар буена шул стадиядә «яши».

Йолдызның үзәк өлкәсендә барлык водород гелийга әверелеп беткәч, йолдызның эчендә *гелий төш* хасил була. Инде хәзер водород йолдызның үзәгендә түгел, бәлки бик эссе гелий төшкә орынып торган катлауда гелийга әйләнә башлый. Гелий төш эчендә энергия чыганаклары булмаган вакытта ул әкренләп кысылачак, шуның белән бергә, тагы да ныграк җылына барачак. Йолдыз эчендәге температура $1{,}5 \cdot 10^7$ К дан артып киткәч, гелий углеродка әверелә башлый (ә алга таба тагы да авыррак химик элементлар барлыкка киләчәк). Хисаплаулар күрсәткәнчә, йолдызларның яктыртучанлыгы һәм үлчәмнәре артачак. Нәтиҗәдә гадәти йолдыз әкренләп кызыл гигантка яки супергигантка әйләнәчәк. Мондый йолдызның «спектр — яктыртучанлык» диаграммасында махсус урын алып торганлыгын сез беләсез инде (рәс. 83). Күп кенә йолдызлар, күрәсең, тиз генә стационар йолдызга әверелми, бәлки, үсешләрендә цефеид чорын үткәндәй, беркадәр вакыт дәвамында пульсацияләнәләр.

Йолдыз гомеренең ахыргы баскычы, аның бөтен эволюциясе кебек үк, йолдызның *массасына* турыдан-туры бәйләнгән. Безнең Кояшка охшашлы, ләкин массалары 1,2 Кояш массасыннан артык булмаган йолдызларның тышкы катлаулары әкренләп киңәяләр һәм ахыр чиктә йолдызның төшен бөтенләй ташлап китәләр. Гигант урынында кечкенә генә эссе ак кәрлә кала. Йолдызлар дөньясында ак кәрләләр байтак. Бу исә күп кенә йолдызлар ак кәрләгә әвереләләр дә, әкренләп суынып, «сүнгән йолдыз»га әйләнәләр дигән сүз, күрәсең.

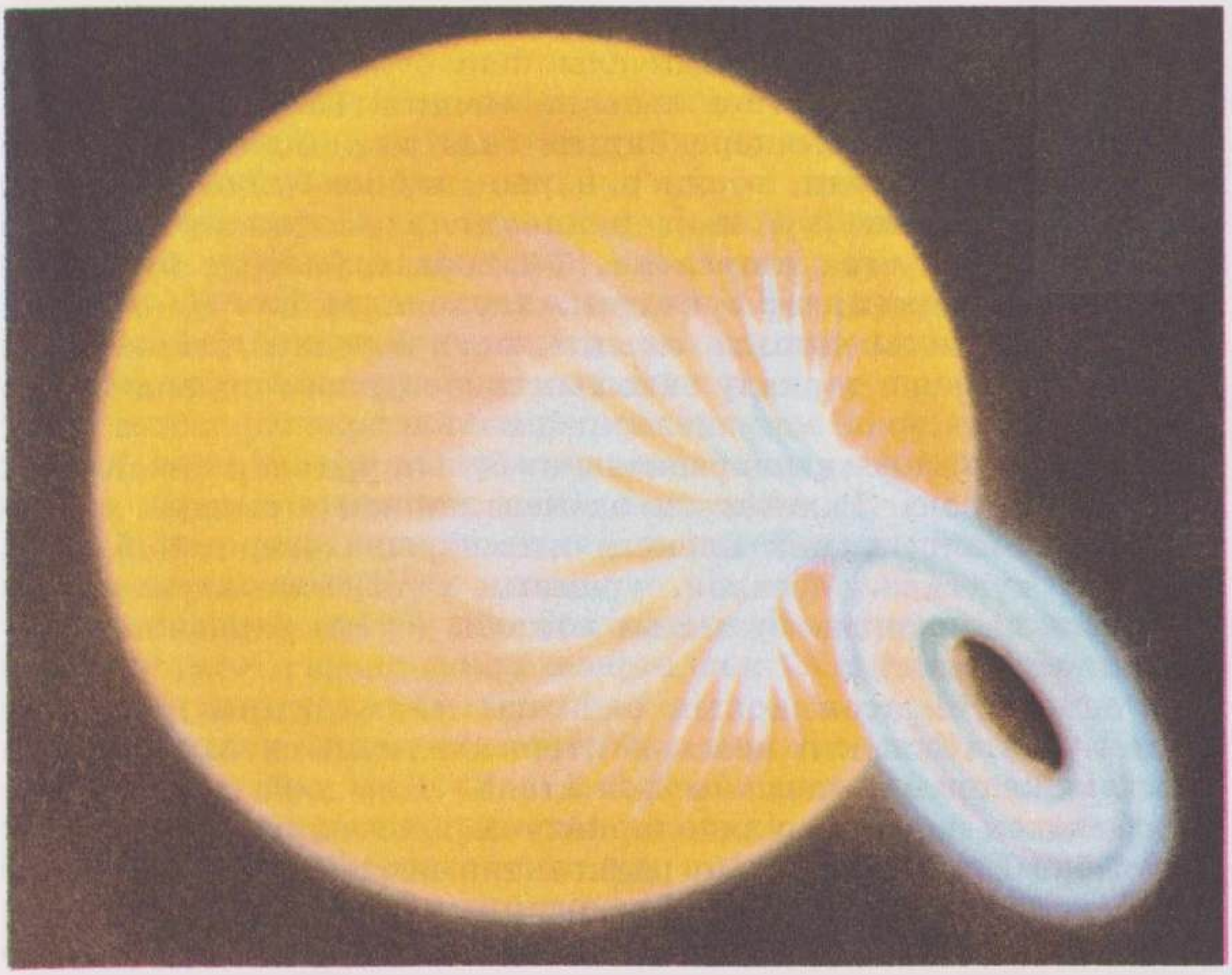
Зуррак массалы йолдызларны башка язмыш көтә. Әгәр дә йолдызның массасы Кояш массасыннан икеләтә артык икән, мондый йолдызлар үз эволюцияләренең соңгы баскычларында тотрыклылыкларын югалталар. Хосусан, алар суперяңа йолдызлар рәвешендә шартларга һәм *йолдызара мохитне авыр химик элементларга баетырга* (алары исә йолдыз шартлаган вакытта

аның эчке өлешендә барлыкка килә), ә аннары һәлакәтчел төстә берничә генә километр радиуслы шар булганчы кысылырга, ягъни нейтрон йолдызга әйләнергә мөмкин (150 б.).

Термотөш реакцияләре барышында йолдыз эчендә 30 га кадәр химик элемент, ә суперяңа йолдыз шартлаган вакытта периодик системаның калган элементлары хасил булырга мөмкин. Авыр элементларга баеган йолдызара мохиттән *чираттагы буын* йолдызлары барлыкка килә. Менә шуңа күрә, йолдызларның спектраль анализ ысулы белән билгеләнгән химик составына карап, ул йолдызларның яше турында хөкем йөртергә була.

Ә массасы Кояш массасыннан ике тапкырдан да зуррак булган йолдызның язмышы нинди соң? Мондый йолдыз, тигезләнешен югалтып һәм кысыла башлап, я нейтрон йолдызга әвереләчәк (150 б.) яки, гомумән, тотрыклы хәлгә ирешә алмаячак. Чикләнмәгән кысылу (коллапс) процессында аның гаҗәеп бер объектка — *кара упкынга* әйләнүе ихтимал. Мондый сәер исем кысылган йолдызның гравитация кыры бернинди нурланышны (яктылыкны, рентген нурларын һ. б. ны) аның чикләреннән чыгармавы белән бәйле. Шул сәбәпле кара упкынны электромагнитик дулкыннарның бер генә диапазонында да күреп булмый. Ләкин, безнең галимнәребез күрсәтеп биргәнчә, кара упкынны эзләп табу мөмкинлеге дә бар. Хикмәт шунда: кара упкыннар үз тирәләрендәге җисемнәргә гравитацион тәэсир ясарга тиешләр. Әйтик, кара упкынның куш йолдыз компоненты булып керү ихтималы да юк түгел. Гадәти йолдыз өслегеннән газ бертуктаусыз кара упкынга төшеп торачак һәм аның тирәсендә диск барлыкка китерәчәк (рәс. 106). Әйләнеп торган бу дискта газ температурасы $10^7$ К га җитәргә мөмкин. Миллионнарча кельвинлы температурада газ рентген диапазонында нурланыш таратачак ((29) формуласын карагыз). Шуңа күрә, кара упкыннарны эзләү җәһәтеннән, рентген нурларының кечкенә чыганаклары кызыксыну уята. Әгәр шундый чыганак (ясалма иярченнәргә урнаштырылган рентген телескоплары ярдәмендә) табыла калса һәм әгәр ул җитәрлек кадәр зур массага ия булса (моны ачыклау өчен ахыр чиктә (48) һәм (50) формулалары файдаланыла), бу чыганакның нейтрон йолдыз яки хәтта кара упкын булып чыгуы ихтимал. Астрономнар әйтүенчә, тыгыз куш системаларда инде берничә кара упкын табылган да, шулай ук, *безнең Галактиканы да исәпкә кертеп*, кайбер галактикаларда артык зур кара упкыннар барлыгы ачыкланды.

Галактикаларның һәм йолдызларның килеп чыгышы турындагы бүгенге күзаллауларның кайсылары дөрес булып чыгар — моны фәннең киләчәктәге үсеше күрсәтер. Ләкин инде хәзер үк йолдызларның, беренчедән, Галәмдә мәңге үзгәрмәс объект түгеллегенә, бәлки, табигать кануннарына буйсынып, тууларына, яшәүләренә һәм үлүләренә һәм, икенчедән, йол-



**Рәс. 106. Йолдызларның тыгыз куш системасы. Кара упкын тирәсендә газ дискы барлыкка килү.**

дызларның төркем-төркем булып барлыкка килүләренә һәм йолдыз ясалу процессының хәзерге вакытта да дәвам итүенә шик юк.

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Космогониядә карала торган мәсьәләләрне космологиягә кагылышлы мәсьәләләр белән чагыштырыгыз. 2*. Кайберәүләргә космогоник гипотеза уйлап чыгару бик ансат шикелле тоела. Мондый фикернең ялгышлыгын аңлатып бирә алырсызмы? 3. Безне чолгап алган мегадөнья һәрвакыт хәзерге кебек булганмы? 4. Галактикаларга һәм йолдызларга ничә яшь? 5. Йолдызлар һәм галактикалар нинди матдәдән барлыкка килгән? 6. Йолдыз эволюциясенең төп баскычлары нинди? 7. Йолдызның массасы аның эволюциясенең соңгы чорларына ничек тәэсир итә? 7*. Безнең Кояшка охшашлы йолдызның «спектр — яктыртучанлык» диаграммасы буенча, аның эволюциясендәге төп баскычларны күздән кичерегез. 8*. Массасы Кояш массасына тигез, ә диаметры Җир диаметры чамасында булган ак кәрләнең тыгызлыгы нинди? Ул массасы $2M_{\odot}$, ә радиусы 10 км булган нейтрон йолдыз тыгызлыгыннан ничә тапкыр кимрәк?

## § 32. ПЛАНЕТАЛАРНЫҢ КИЛЕП ЧЫГЫШЫ

**1. Җирнең һәм Кояш системасындагы башка җисемнәрнең яше.** Җир кабыгының яшен билгеләү анда радиоактив элементларның (уран, торий һ. б. ның) күпме булуына, шулай ук калий, аргон һ. б. ның радиоактив изотоплары күпме катнашкан булуына нигезләнә. Физикадан билгеле булганча, радиоактив элементлар туктаусыз таркалалар һәм бу вакытта таркалу процессы тышкы йогынтыларга бөтенләй бәйләнмәгән була. Радиоактив таркалу вакытында Менделеев периодик системасындагы күрше элементларның изотоплары барлыкка килә. Бу изотоплар да еш кына радиоактив булып чыгалар һәм, димәк, алар да таркала. Радиоактив элементларның атомнары радиоактив булмаган химик элемент атомнарына әверелеп беткәч, таркалу туктала. Мәсәлән, уранның ($^{238}U$) таркалуы кургашынның радиоактив булмаган изотобы ($^{206}Pb$) барлыкка килү белән тәгәлләнә.

Радиоактив атомнарның баштагы микъдарыннан яртысы калганчы узган вакыт арасы ($T$) таркалу тизлеген характерлый һәм *ярымтаркалу периоды* дип атала. Җир кабыгының яшен билгеләнгән вакытта әкрен таркалучы изотоплар, мәсәлән $^{238}U$ ($T \approx 4{,}5 \cdot 10^9$ ел), калийның радиоактив изотобы $^{40}K$ ($T \approx 13 \cdot 10^9$ ел) һ. б. файдаланыла. Җир кабыгының яшен билгеләү өчен, анализ ясау максаты белән алынган күпсанлы үрнәкләрдә радиоактив элементларның һәм аларның таркалу продуктларының микъдарын чагыштыралар. Мондый чагыштырулар Җир кабыгының яше 4,5 млрд ел чамасы икәнлеген күрсәтә. Планета буларак формалашкан Җирнең яше дә шул чама. Ай токымнарының һәм метеоритларның яше дә 3,5—4,5 млрд елга якын. Кояш, әлбәттә, Җирдән һәм Айдан яшьрәк була алмый. Бик ихтимал, Кояшның («спектр — яктыртучанлык» диаграммасының төп эзлеклелегендә урталыкта урнашкан сары йолдызның) яше 5 млрд еллар булыр. Кояш системасының яшен Метагалактика яше (аны 15 млрд елга тигез дип исәпләрбез) белән чагыштыру Кояшны беренче буын йолдызлар рәтенә кертеп булмавын күрсәтә. Кояш һәм планеталарны төзүгә картрак йолдызлар эчендә ике тапкыр булып чыккан газ тотылган дип уйлау дөресрәк булыр. Билгеле булганча, Метагалактика киңәюнең иртәрәк стадияләрендә авыр химик элементлар булмаган, ә алар соңыннан планеталар формалашу өчен кирәкле каты кисәкчекләр тупланган үзәкләр булып киткәннәр.

**2. Кояш системасындагы төп закончалыклар.** Планеталарның килеп чыгуы турындагы космогоник гипотеза Кояш системасында күзәтелә торган түбәндәге закончалыкларны аңлатып бирергә тиеш:

а) планеталарның орбита яссылыгы белән эклиптика яссылыгы арасындагы авышлык почмагы берничә градустан артмый

(Плутонның 17°), шул ук вакытта эклиптика яссылыгы Кояш экваторы яссылыгы белән тәңгәл килә диярлек;

б) планета орбиталарының эксцентриситетлары бик кечкенә;

в) планеталарның Кояштан уртача ераклыклары билгеле бер кагыйдәгә буйсына (25);

г) планеталар Кояш тирәсендә Кояш үз күчәрендә әйләнгән юнәлештә үк әйләнеп йөриләр;

д) планеталарның күпчелегендә (Венера белән Уранны исәпләмәгәндә) күчәр тирәсендә әйләнү юнәлеше Кояш тирәсендә әйләнү юнәлеше белән туры килә;

е) бөтен Кояш системасы ия булган хәрәкәт микъдары моментының 98% ы планеталар өлешенә туры килә; Кояш хәрәкәт микъдары моментының 2% ына гына ия;

ж) Кояш системасындагы матдә массасының 99,9% ы диярлек Кояш өлешенә туры килә;

з) үзләренең физик характеристикалары буенча планеталар ике төркемгә: гигант планеталарга һәм Җиргә охшаш планеталарга бүленәләр.

**3*. Беренче космогоник гипотезалар.** Бу гипотезалар Кояш системасындагы күп кенә мөһим закончалыклар билгеле булганчы — күп элек тәкъдим ителгән. Беренче космогоник гипотезаларның әһәмияте иң элек шунда: алар күк җисемнәренең килеп чыгуын бу җисемнәр барысы бер үк вакытта Алла тарафыннан яратылганнар дип түгел, бәлки *табигый* процесс нәтиҗәсе дип аңлатырга омтылганнар. Моннан тыш, кайбер элгәреге гипотезаларда күк җисемнәренең барлыкка килүе турында дөрес фикерләр дә очрый. Мәсәлән, немец философы *И. Кант* XVIII гасыр урталарында тәкъдим иткән гипотеза шундыйлардан. Кант Кояш системасы тузан болытыннан барлыкка килгән дип фараз итә.

XVIII гасыр ахырларында француз галиме *П. Лаплас* тәкъдим иткән гипотезада Кояш системасының барлыкка килү картинасы җентеклэбрәк сурәтләнә. Лаплас сирәкләнгән эссе газдан торучы һәм әкрен генә әйләнүче зур томанлыкны карап үтә. Томанлык кысылганда аның әйләнү тизлеге арткан, томанлык яньчелгән рәвешкә кергән. Аның үзәк өлешеннән Кояш яралган. Беренчел Кояш кысыла барган саен, аның күчәр тирәсендә әйләнү тизлеге дә арткан (хәрәкәт микъдары моменты саклану законы буенча) һәм Кояш экваторы яссылыгында газ боҗралары аерылып чыга башлаган. Шушы үзәктәш боҗралар системасыннан планеталар барлыкка килгән.

Бу картина шулкадәр аңлаешлы тоелган ки, Лаплас гипотезасы озак вакытлар буена иң популяр гипотеза булып калган. Ләкин XX гасырда Лаплас гипотезасыннан баш тартырга туры килә, чөнки ул, мәсәлән, Кояш системасында хәрәкәт микъдары моментының бүленешен аңлата алмый.

**4. Планеталарның килеп чыгышы турында хәзерге заман карашлары.** Беренче карашка, космологиянең һәм йолдызлар

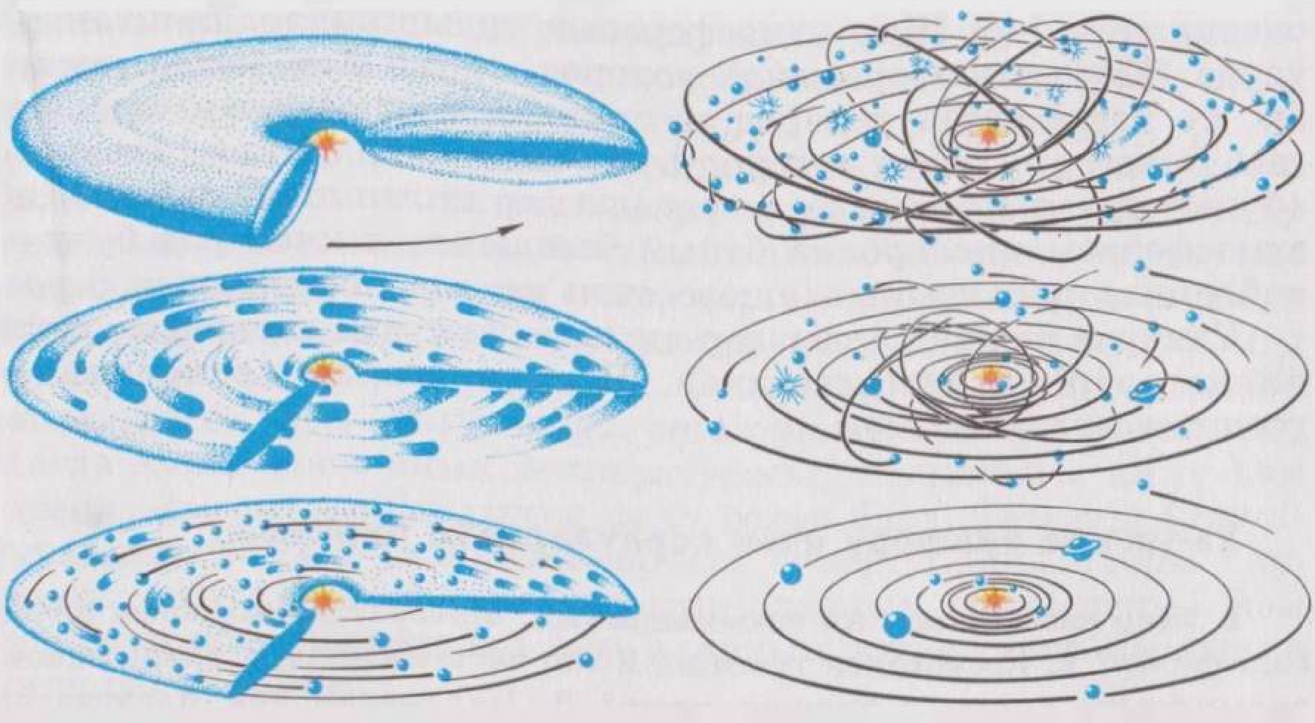
космогониясенең гаять зур мәсьәләләре белән чагыштырганда Кояш системасының килеп чыгуы турындагы проблема әлләни кыен түгелдер сыман тоела. Чынлыкта исә бу алай түгел. Планеталарның килеп чыгышы турындагы мәсьәлә бик катлаулы һәм ул хәл ителүдән шактый ерак әле. Бу мәсьәлә астрономиянең үсешенә генә түгел, бәлки күп кенә башка фәннәрнең (иң элек Җир турындагы фәннәрнең) үсеш дәрәҗәсенә дә бәйле. Эш шунда: хәзергә Кояш тирәсендәге *бердәнбер планеталар системасын* гына өйрәнү мөмкин бит. Башка йолдызлар тирәсендә дә ихтимал булган яшьрәк яки картрак системаларның нинди икәнлеге билгесез. Планеталарның килеп чыгуын дөрес аңлату өчен, Кояшның һәм башка йолдызларның ничек барлыкка килгәнлеген дә белергә кирәк, чөнки йолдызлар тирәсендә планета системалары материянең законлалыклы үсеш процессы нәтиҗәсендә килеп чыгалар. Тик шулай да, кыенлыкларга да карамастан, галимнәр моны дөрес аңлатып булыр дип өметләнәләр. Геофизиканың, геохимиянең, геологиянең һәм Җир турындагы башка фәннәрнең алга таба үсеше өчен безнең планетаның ничек килеп чыкканлыгын белү бик әһәмиятле.

Хәзерге вакытта планеталар космогониясе мәсьәләләре белән күп кенә илләрнең галимнәре шөгыльләнә. Хәзерге планеталар космогониясен формалаштыруда безнең ил галимнәре дә шактый өлеш керткән. Мәсәлән, академик *В. Г. Фесенков* (1889—1972) ярты гасыр буена планеталар космогониясе белән шөгыльләнгән. Ул һәрвакыт Кояш формалашу белән планеталар формалашу арасында тыгыз бәйләнеш булырга тиеш дип санаган. 40 нчы еллар башында *О. Ю. Шмидт* (1891—1956) космогоник гипотеза бәян итте.

Планеталар космогониясенең иң мөһим нәтиҗәләре түбәндәгеләргә кайтып кала:

а) Планеталар кайчандыр Кояшны чолгап алган томанлыкка кергән каты (салкын) җисемнәр һәм кисәкчекләр берләшү нәтиҗәсендә формалашкан (рәс. 107). Бу томанлыкны еш кына *«планеталарга кадәрге»*, яки *«протопланетар»* болыт дип атыйлар. Кояш һәм протопланетар болыт бердәм процесс барышында бер үк вакытта оешканнар дип исәпләнелә. Дөрес, хәзергә әле томанлыкның планеталар барлыкка килгән өлеше «протокояштан» ничек аерылып киткәнлеге ачык түгел.

б) Планеталарның формалашуы төрле-төрле физик процесслар тәэсирендә барган. *Механик процесслар* әйләнеп торган томанлыкның кысылуына (яссылануына), аның «протокояштан» ераклашуына, кисәкчекләрнең бәрелешүенә, аларның эреләнүенә һ. б. га сәбәп булган. Томанлык матдәсенең температурасы һәм матдәнең халәте дә үзгәреш кичергән. Булачак Кояшның әйләнү тизлеге томанлыкны «протокояш» белән бәйләгән *магнит кыры* тәэсиреннән дә булырга мөмкин. Кояш нурланышының протопланетар болыт матдәсе белән тәэсир-



**Рәс. 107. Планеталар формалашуның иң мөһим баскычлары.**

ләшүе *иң җиңел* һәм *иң күп санлы*, кисәкчекләрнең Кояштан ераграк (хәзер гигант планеталар булган урынга) туплануына китергән. Барлык шушы процессларны исәпкә алган теория Кояш системасындагы күп кенә закончалыкларны аңлатырга юл ача.

в) Планеталарның иярченнәре (һәм, димәк, безнең Ай да) планеталарны чолгап алган кисәкчекләр өеренннән, ягъни, ахыр чиктә, шулай ук протопланетар томанлык матдәсеннән барлыкка килгәннәр, күрәсең. Юпитерның тарту көче эре планета формалашуга комачаулаган урында исә астероидлар зонасы барлыкка килгән.

Шулай итеп, *хәзерге планеталар космогониясенең төп идеясе планеталар һәм аларның иярченнәре салкын хәлдәге каты җисемнәрдән һәм кисәкчекләрдән хасил булган* дигән фикергә кайтып кала.

Планета буларак Җир, нигездә, 100 млн ел чамасы вакыт эчендә формалашкан һәм башта ул да салкын булган әле. Соңыннан Җир эре җисемнәр (астероидлар зурлыгындагы) бәрелү, гравитацион кысылу, радиоактив элементлар таркалу һәм кайбер башка физик процесслар нәтиҗәсендә җылына барган. *Матдәнең* гравитация көчләре тәэсирендә *бүлену-аерылуы* (ягъни авыр һәм җиңел химик элементлардан торган матдә бүленү) процессында Җир үзәгендә авыр химик элементлар (тимер, никель һ. б.) тупланган һәм безнең планетаның төше шулардан барлыкка килгән. Җиңелрәк химик элементлардан һәм аларның кушылмаларыннан Җирнең мантиясе хасил булган.

Кремний һәм башка химик элементлар континентлар формалашу өчен нигез булганнар, ә иң җиңел химик элементлар

океаннарны һәм Җир атмосферасын тудырганнар. Башлангыч чорда Җир атмосферасында водород, гелий һәм метан, аммиак, су пары кебек водород катнашкан кушылмалар күп булган. Вакыт узу белән водород һәм гелий очып беткән, кислород «бүлеп чыгарырга» сәләтле үсемлекләр килеп чыккач исә Җир атмосферасы кислородка байый башлаган, ә кислород булу — хайваннар дөньясының яшәве өчен иң төп шартларның берсе.

Уннарча башка йолдызлар янында газ-тузан дисклары, хәтта планеталар да ачылды инде. Бу планеталар космогониясе үсешенә ярдәм итәчәк.

### Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Җир кабыгының, Ай токымнарының, метеоритларның яшен ничек билгелиләр? 2. Космогоник гипотеза Кояш системасындагы нинди законлыкларны аңлатып бирергә тиеш? 3. Йолдызлар һәм планеталар космогониясе арасында бәйләнеш бармы? 4*. Кант һәм Лаплас гипотезаларының асылын әйтеп бирегез. 5. Планеталар космогониясе мәсьәләләренең катлаулылыгы нәрсәдә? 6. Хәзерге күзаллаулар буенча, Җир һәм башка планеталар ничек барлыкка килгән? 7. Кояш системасы планеталары буларак формалашу тәмамланганнан соң, Җирнең һәм планеталарның эволюциясе тукталганмы?

## § 33. ГАЛӘМДӘ ТЕРЕКЛЕК ҺӘМ ГАКЫЛ (йомгаклау)

**1*. Галәм эволюциясе һәм тереклек.** Физика курсында сез *дөньяның физик картинасы* белән таныштыгыз. Астрономия курсын өйрәнүне төгәлләгәндә, сез *дөньяның астрономик картинасын* күз алдыгызга китерә белергә тиеш. Бу картинаның нигезендә астрономик күзәтү мәгълүматлары, теорияләр һәм гипотезалар гына түгел, бәлки хәзерге заман физикасы төшенчәләре һәм законнары да ята.

Җирнең шарсыман булуы турындагы фикерне дәлилләү, Коперник тарафыннан дөньяның гелиоцентрик системасы ачылу, астрономиядә спектраль анализны һәм фотографияне куллану, безнең Галактиканың төзелешен өйрәнү, Метагалактиканы һәм аның киңәюен ачу, радиоастрономик тикшеренүләргә керешү һәм, ниһаять, космик чор башлану, галәм киңлегендә турыдан-туры астрономик тәҗрибәләр ясый башлау астрономиянең үсеш юлында революцион маяклар булып торалар. Шушы ачышлар аркасында әкренләп Галәмнең мәһабәт картинасы күз алдына килә башлады, аның белән чагыштырганда, дөнья үзәгендә тик торучы яссы Җир турындагы, каты күк гөмбәзе һәм аңа кагып куелган көмеш кадаклар турындагы

борынгы риваятьләр бик самими әкият кенә булып калалар. Безнең көннәрдә астрономия хәзерге табигать белеменең алгы сафында бара һәм гадәттән тыш зур темплар белән үсә.

*Дөньяның астрономик картинасы — эволюция хәлендәге Галәм картинасы ул.* Бүгенге астрономия мәһабәт галактикалар дөньясын ачып кына калмады, бәлки Галәмнең туктаусыз эволюция кичерүе турында сөйли торган күренешләрне дә ачты (Метагалактиканың киңәюе, химик элементларның Галәмдә таралышы, реликт нурланыш). Галәмнең эволюциясе *матдә эволюциясен* һәм *структура эволюциясен* дә үз эченә ала. Матдә эволюциясе аның температурасы, тыгызлыгы киму һәм химик элементлар барлыкка килү белән бара. Төзелеш (структура) эволюциясе галактикаларның супертупланышлары барлыкка килү, йолдыз һәм галактикаларның аерымлануы һәм формалашуы, планеталар һәм аларның иярченнәре барлыкка килү белән бәйле.

Вакытлар үтү белән, Галәмнең эволюция процессында физик тәэсир итешүләрнең роле дә үзгәргән. Планеталар, йолдызлар һәм галактикалар дөньясында *гравитацион тәэсир итешү* төп роль уйный: күк җисемнәренең һәм аларның системаларының хәрәкәте һәм шактый дәрәҗәдә эволюциясе дә шуңа бәйләнгән. Ләкин, гравитацион тәэсир итешүләрдән башка, тагын өч төрле тәэсир итешү бар, болар: *җиңелчә тәэсир итешү* (аның белән, мәсәлән, радиоактив таркалу бәйле), *көчле тәэсир итешү* (аның белән, мәсәлән, атом төшләре синтезы бәйле) һәм *электромагнитик тәэсир итешү* (мәсәлән, электромагнитик нурланыш квантларының электроннар һәм корылмалы башка кисәкчекләр белән тәэсирләшүе шуңа бәйле). Үзенә бертөрле «зур энергияләр лабораториясе» булган «кайнар Галәмдә» хыялда гына ирешеп була торган температуралар ($10^{28}$ — $10^{32}$ К!) хакимлек иткәндә, төрле физик тәэсир итешүләрне хәзер бердәм тәэсир итешү рәвешендә карарга мөмкин. Мондый мөмкинлекне тикшерү физика һәм космология өчен гаять зур әһәмияткә ия, чөнки *Галәмнең үзлекләре микродөнья үзлекләре белән аерылгысыз бәйләнгән булып чыга.* $10^{13}$ К температурада һәм тыгызлык $10^{20}$ кг/м$^3$ булганда (Метагалактика киңәя башлап $10^{-6}$ с узганнан соң, плазма шундый күрсәткечләр белән характерлана), матдә әлегә бик аз өйрәнелгән үзлекләргә ия булган. Моннан да элегрәк барган процесслар турында ($t = 10^{-35}$ с чагында Метагалактикада температура $T \approx 10^{26}$ К булган) мәгълүматлар тагын да азрак. Галимнәр Метагалактиканың, әйтик, киңәю кебек иң мөһим үзлекләре яки Метагалактикада күк җисемнәренең антиматдәдән түгел, бәлки матдәдән торулары кебек факт нәкъ менә әлеге процессларның нәтиҗәсе дип уйлыйлар.

Шул рәвешле, *Галәм материянең, вакытлар узу белән, фәзада туктаусыз җәелә барган эволюция процессы буларак күз алдыбызга килеп баса.* Бу процесста микродөньяның һәм

мегадөньяның төрледән-төрле объектлары һәм күренешләре үзара бәйләнештә булып чыгалар.

Материя эволюциясенең билгеле бер баскычында, кулай шартлар туганда, Галәмдә *тереклек барлыкка килә.* Аның барлыкка килүе, яшәеше һәм үсеше шулай ук Галәмнең күп кенә фундаменталь үзлекләре белән бәйле, бу үзлекләр, мәсәлән, гравитацион, электромагнитик, җиңелчә һәм көчле тәэсир итешүләрне чагылдырган константаларда күренә. Галимнәр, бу константалар башка кыйммәтләргә ия булганда, мәсәлән, гравитацион константа күзәтелә торган зурлыктан аерылганда, Галәмдә тереклек, гомумән, яши алмас иде дип саныйлар. Шунысы ачык, тереклек Метагалактика киңәюенең башлангыч чорларында ярала алмас иде. Ләкин нәкъ менә киңәю башланып беренче минутларда $10^9$ К температурада матдә инде «стандарт химик составлы» (75% чамасы водород атомы төшләре һәм 25% гелий төшләре) булган. Әгәр дә матдә составы башкача булган булса, Метагалактикада алга таба матдәнең химик эволюциясе нинди буласын әйтүе кыен. Сезгә билгеле булганча, Метагалактика киңәюенең соңгырак баскычларында йолдызлар энергия чыганагы гына булып калмаганнар, бәлки Галәмдәге бу объектлар эчендә тереклек барлыкка килсен өчен, зарури булган химик элементлар да синтезланган. Тереклек дәвам итсен өчен, Метагалактиканың киңәюе дә битараф нәрсә түгел. Әгәр нинди дә булса сәбәпләр аркасында моннан берничә миллиард еллар элек Метагалактика кысыла башлаган булса, температура, өзлексез күтәрелә барып, тереклек өчен яраклы чиктән ашып киткән булыр иде. Инде шушы китерелгән мисаллардан да кеше, К. А. Тимирязев бизәкләп әйткәнчә, үзен Кояш улы дип кенә түгел, бәлки Галәм улы дип тә санарга хаклы икәнлеге күренә.

**2. Җирдән читтәге цивилизацияләр турындагы мәсьәлә.** Без Галәмдәге бихисап күп йолдызларның берсе тирәсендә хәрәкәт итүче кечерәк кенә планетада яшибез, һәм шуңа күрә иксез-чиксез Галәм киңлегендә без япа-ялгыз дигән уй белән килешәсе килми. Хәзерге астрономнарның һәм философларның күбесе тереклек — Галәмдә киң таралган күренеш һәм төрле цивилизацияләр яшәгән дөньялар бик күп дип исәплиләр. Җирдән читтәге кайбер цивилизацияләрнең үсеш дәрәҗәсе Җир цивилизациясе үсешенә караганда чагыштыргысыз югарырак та булырга мөмкин. Җир кешеләренә нәкъ менә шундый цивилизацияләр белән элемтә урнаштыру аеруча мөһим.

Мондый караш түбәндәге фактларга һәм фаразларга нигезләнә:

а) Метагалактикада безнең Кояшка охшаган йолдызлар гаять күп (дөрес, Кояшның «игезәген» эзләп табу кыен). (Ихтимал, метагалактикалар да күптер.)

б) Хәзерге заман күзаллауларына караганда, планеталар безнең Кояшыбыз янында гына түгел, бәлки күп кенә башка

йолдызлар янында да барлыкка килә алганнар. (Ихтимал, андый йолдызлар да күптер.)

в) Планета системалары, ихтимал, Кояшка иң якын торган аз санлы йолдызлар тирәсендә дә бардыр.

г) Биология курсыннан белгәнегезчә, Җирдә тереклек «үле» материянең катлаулы һәм дәвамлы эволюциясе нәтиҗәсендә барлыкка килгән. Уңайлы шартлар булганда, тереклек башка йолдызларның планеталарында да яралырга мөмкин. Терек булмаган материя эволюциясенең башлангыч чоры өчен кирәкле молекуляр кушылмалар Галәмдә җитәрлек кадәр таралган һәм алар хәтта йолдызара мохиттә дә ачылды.

д) Җирдә яшәгән тереклек формаларыннан асыллары белән аерылган аксымсыз тереклек формалары булу ихтималы да кире кагылмый.

Җирдән читтәге цивилизацияләр мәсьәләсенә барлык галимнәр дә бу кадәр оптимистларча карамый-каравын. Капма-каршы фикердә торучылар тереклек, һәм бигрәк тә гакыллы тереклек,— Галәмдә гадәттән тыш сирәк, хәтта бәлки, бердәнбер күренештер әле, дип исәпли. Бу вакытта түбәндәгеләргә игътибар итәлә:

а) Терек булмаган материянең эволюциясе нәтиҗәсендә тереклек (ә инде гакыллы тереклек бигрәк тә) барлыкка килү ихтималы бик аз, чөнки мондый эволюция вакытында тере күзәнәкләр яралу һәм аннан соң аларның камилләшүе юлында бихисап каршылыклар килеп туа.

б) Тереклекнең аксымсыз формалары турында фәнгә бернинди конкрет нәрсә дә билгеле түгел.

в) Кояш системасында югары дәрәҗәдә оешкан тереклек формалары Җирдә генә бар. Өмет баглауларга карамастан, Айда һәм Марста да дияргә мөмкин, хәтта микроорганизмнар да табылмады, ә бит югыйсә алар яшәү шартларына бик җайлашучан. Венера һәм Марста нинди дә булса югары тереклек формалары булу турындагы фикерләр дә артта калдылар.

г) Кайчан да булса Җиргә башка дөнья вәкилләре килеп чыкканлыгын кире кагылгысыз итеп расларлык бер генә дәлил дә юк.

д) Җирдән читтәге цивилизация сигналларын радиоэзләүләр хәзергә уңышка ирешә алмады.

е) Моңа кадәр Җирдән читтәге цивилизацияләрнең инженерлык (яки башка бертөрле) эшчәнлеге дип әйтерлек бернинди эзләр дә табылмады, ә бит әгәр дә Җирдән читтәге цивилизацияләр күбәү һәм аларның кайберләре, шөбһәсез, югары дәрәҗәле үсешкә ирешә алганнар дип фараз итсәк, андый эзләргә тап булмавыбыз бик сәер тоела.

Еш кына кайбер оча торган билгесез объектларны (НЛО) Җирдән читтәге цивилизацияләр эшчәнлеге дип карарга тырышалар. Күктә нindидер сәер объектлар пәйда булуын Мисыр фиргавеннәре заманында ук күргәләгәннәр, ләкин НЛО ларны

беренче рәсми күзәтүләр, гадәттә, XX гасырның 50 нче елларына карый. АКШта, шулай ук башка илләрдә һәм бездә дә, аномаль күренешләр (АЯ — аномальные явления) дип атала торган хикмәтле нәрсәләрне (феноменнарны) тикшерү һәм алар турында мәгълүмат туплау эше белән төрле комиссияләр һәм төркемнәр шөгыльләнә.

Үз күзләре белән күргән кешеләрнең сөйләвенә караганда, бу объектлар сынык траекторияләр буенча хәрәкәт итәләр, хәрәкәт тизлеген бик тиз үзгәртә алалар, автомобиль моторларына, электр җиһазына һәм башка техник җайланмаларга тәэсир итәләр икән.

Аномаль күренешләрнең күбесе Җирнең ясалма иярченнәрен җибәрү һәм атмосферада төрле техник тәҗрибәләр үткәрү, астрономик күренешләр (якты планеталар) һәм атмосферадагы табигый эффектлар (күк йөзенең гадәттән тыш яктырышы, болытларның сирәк күзәтелә торган формасы һ. б.) белән бәйле булып чыкты. Сере ачылмаган НЛО лар җанлы бәхәсләргә һәм әкәмәт гипотезалар тууга сәбәп була. Мәсәлән, кайбер НЛО лар миражга охшаш һәм аларны берьюлы бик күп кеше күзәтергә мөмкин дип тә уйлыйлар. Галәмдә һәм Җирдә «параллель дөньялар» бар һәм билгеле бер шартларда кеше психикасы, имеш, шулар белән элемтәгә керә ала (НЛО күренгәндә нәкъ шундый хәл була) дигән гипотеза да тәкъдим ителде. Ниһаять, НЛО лар Җирдән читтәге цивилизацияләр эшчәнлеге (хәтта Җиргә төрле тип «гуманоидлар» килүе) белән бәйле дигән гипотеза тарафдарлары да бар. Тагын бер кат шуны ассызыклап әйтик, Җирдән читтәге цивилизацияләр бүгенгә кадәр фәкать фаразый объект кына булып кала, аларны эзләү исә зур кызыксыну тудыра. Шуның белән бергә, галимнәр Җирдән читтәге цивилизацияләрне эзләп кенә калмыйлар, бәлки аларның ихтимал модельләрен дә теоретик планда тикшерәләр. Шунысы шөбһәсез, НЛО ларның Җирдән читтәге цивилизацияләргә бер катнашы да юк, ә Җирдән читтәге чын цивилизацияләр (әгәр инде алар бар икән!) үзләрен НЛО рәвешендә күрсәтмәскә дә мөмкин.

Шул рәвешле, Җирдән читтәге цивилизацияләр мәсьәләсе беренче карашка гына гади булып тоела. Җирдән читтәге цивилизацияләр файдасына яки аларның булуына каршы яңадан-яңа дәлилләр китереп бәхәсләшергә мөмкин, ләкин фәкать киләчәктәге күзәтүләр һәм тәҗрибәләр генә кайда да булса тереклек булган дөньялар бармы яки без, ахыргы исәптә, Галактикабыз чикләрендә бер ялгызыбыз гынамы икәнлекне ачыкларга мөмкинлек бирерләр.

Шуңа күрә дә галимнәр кызыксыну белән, зур диапазонлы ешлыктагы сигналларны кабул итә торган берничә радиотелескоп ярдәмендә, бөтен галәмне «тыңлау» буенча яңа экспериментларның нәтиҗәләрен көтәләр.

## Үз-үзеңне тикшерү өчен сораулар һәм биремнәр

1. Сез хәзер күк җисемнәренең нинди системаларын беләсез? 2. Галәмдә материя нинди формаларда очрый? 3. Галәмдә матдәнең иң күп таралган халәте нинди? 4. Галәмдә кайсы химик элементлар аеруча күп таралган? 5. Киңәя башлаган Метагалактикадагы матдәдә гелийдан да авыррак элементлар булмаган. Безнең планетаны һәм безнең үзебезне төзегән авыр элементлар нинди процесслар нәтиҗәсендә барлыкка килгән? 6. Астрономия мәгълүматларына таянып, материянең туктаусыз хәрәкәттә һәм үзгәрештә булуына дәлил китерегез. 7. Җирнең һәм Айның хәзерге вакытта да эволюция кичерүен исбат итеп бирегез. 8. Астрономия һәм биология буенча белемнәрегезгә таянып, Галәмдә тереклек һәм гакыллы затлар яшәве файдасына (яки аңа каршы) дәлилләр әйтеп бирегез. 9*. 1974 елда Геркулес йолдызлыгындагы шарсыман тупланышка таба (ераклыгы 7000 пк) туган-даш гакыл ияләренә радиосәлам җибәрелгән иде. Җир кешеләре җавапны кимендә күпме вакыттан соң алырлар? 10*. 20 км/с тизлеккә ия булган автомат планетаара станцияләр XX гасыр азагында Кояш системасын ташлап китсәләр, иң якын йолдызларга кадәр күпме вакыт дәвамында очарлар? 11. Галәм турында узган заманнардагы күзаллауларны (геоцентрик дөнья системасы, гелиоцентрик дөнья системасы) бүгенге карашлар белән чагыштырыгыз.

## «Галәмнең төзелеше һәм эволюциясе» темасын өйрәнгәч, нәрсәләр белергә кирәк

1. Галактика йолдызларны, йолдыз тупланышларын, томанлыкларны үз эченә ала. Йолдызлар арасындагы фәза киңлекләрендә бик сирәкләнгән диффуз материя (башлыча водород), механик һәм бөтендөнья тартылу (гравитация) кырлары бар. Йолдызара киңлекләрне космик нурлар һәм электромагнитик нурланыш агымнары кисеп үтә.

2. Кояш галактик яссылык тирәсендә, Галактиканың үзәгеннән 10 кпк ераклыгында урнашкан һәм аның тирәсендә якынча $2 \cdot 10^8$ ел эчендә әйләнеп чыга (тизлеге 250 км/с).

3. Иярченнәре белән Галактика, Андромеда йолдызлыгындагы Галактика һәм безгә иң якын урнашкан тагын берничә галактика Урындаш (локаль) галактикалар төркеменә (системасына) керәләр.

4. Галәмне (Метагалактиканың) астрономик күзәтүләр колачлаган өлешендә миллионнарча галактикалар бар.

5. Галактикалар дөньясы гадәттән тыш төрле: ул спираль, эллиптик һәм төзек булмаган галактикалар белән генә чикләнми.

6. Күп кенә галактикаларга, шул исәптән радиогалактикаларга, активлыкның төрле чагылышлары (галактикалар төшендә шартлау процесслары да) хас.

7. Галәмнең иң ерак объектлары — квазарлар. Алар, ихтимал, бездән берничә миллиард яктылык елы кадәр еракльгкта урнашкан галактикаларның актив төшләредер.

8. Метагалактика киңәя. Безнең Галактикадан тыш объектлар (галактикалар, квазарлар) ераграк булган саен, алар зуррак тизлек белән бездән ераклаша баралар (Хаббл законы).

9. Хаббл константасына кире зурлык Метагалактика киңәя башлаганнан соң үткән вакыт арасын бәяләргә мөмкинлек бирә ($\frac{1}{H} \approx 15$ млрд ел).

10*. «Кайнар Галәм» гипотезасы буенча, Метагалактиканың киңәюе материянең ифрат зур тыгызлыкка һәм температурага ия булган халәтеннән башланып киткән. Реликт нурланышны ачу һәм Галәмдә химик элементларның таралышы турындагы мәгълүматлар шушы гипотеза файдасына сөйли.

11*. Метагалактика киңәюенең башлангыч стадияләрендә, элементар кисәкчекләр арасында барган реакцияләр нәтиҗәсендә, водород һәм гелий атомнарының төшләре барлыкка килгән. Авыррак химик элементларны йолдызлар эчендә барган төш реакцияләре тудырган. Бу элементлар Галәм киңлекләренә чәчелгәннәр (мәсәлән, суперяңа йолдызлар шартлау нәтиҗәсендә) һәм әкренләп алардан яңа күк җисемнәре (йолдызлар, планеталар) барлыкка килгән.

12. Галәмнең төзелешен һәм эволюциясен космология өйрәнә.

13. Космологиядә бериш һәм изотроп Галәм моделе файдаланыла. Бу модель мәгълүм дәрәҗәдә күзәтүләр белән дә раслана. Күзәтүләрдән исә, мәсәлән, үлчәмнәре галактикалар тупланышыннан да зуррак булган эре масштабларда, Метагалактиканы бериш дип исәпләргә мөмкин икәнлеге килеп чыга.

14. Бүгенге күзаллаулар буенча, йолдызлар газ болытлары куеру һәм соңыннан эволюция кичерү юлы белән барлыкка килә.

15. Үз эволюциясенең ахыргы чорында йолдыз ия булган массага карап, ак кәрләләр, нейтрон йолдызлар яки кара упкыннар барлыкка килүе ихтимал.

16. Җир, Ай һәм шулай ук иярченнәре белән бергә планеталар пропланетар болыт составына кергән салкын җисемнәрдән һәм кисәкчекләрдән барлыкка килгән.

17. Галәмдә катлаулылыгы төрле дәрәҗәдә булган системалар яши һәм эволюция кичерә, аларның иң зурлары — галактикаларның супертупланышлары.

18. Метагалактика да эволюция кичерә, аның киләчәктәге язмышы (мәңге киңәю яки аңа алмашка килгән кысылу) күп яктан аңарда нинди дә булса «яшерен матдә»нең гаять зур массалары булу-булмауга бәйләнгән.

**19.** XX гасырда кешелек цивилизациясенең тарихында беренче тапкыр фән һәм техниканың үсешендә Галәмдә тереклек һәм гакыл мәсьәләләрен өйрәнүгә фәнни нигездә якын килергә мөмкинлек бирә торган дәрәҗәгә ирешелде. Ләкин Җирдән читтә тереклек эзләре әлегә кадәр табылмады.

**20.** Галактикадан тыш, астрономия һәм космология табигатьтә күренеш һәм процессларның гомуми бәйләнештә икәнлеген, дөньяны һәм аның закончалыкларын танып белергә мөмкин булуын, Галәмнең мәңгелек серләренә үтеп керергә сәләтле гакылның кодрәтен ышандырырлык итеп күрсәтәләр.

**«Галәмнең төзелеше һәм эволюциясе» темасын өйрәнгәч, нәрсәләр эшли белергә кирәк**

**1.** Ераклашу тизлеге билгеле булган галактикага кадәр ераклыкны (53) формуласы буенча хисаплый белергә.

**2.** Хаббл константасы буенча Метагалактиканың яшенә бәя бирә белергә.

**3.** Галәмдә материянең уртача тыгызлыгына бәйле рәвештә, Метагалактика эволюциясенең мөмкин булган төрле юлларына анализ ясый белергә.

**4.** Җирдән читтә цивилизацияләр булу һәм аларның безнең белән элемтәгә керү ихтималы турында үз фикерегезне нигезли белергә.

**5.** Күктә Үгез Көтүчесе α сы, Кыз α сы, Арыслан α сы йолдызларын таба белергә.

# КУШЫМТАЛАР

## I. Астрономия тарихында кайбер әһәмиятле вакыйгалар (соңгы 6 мең ел эчендә)

| | |
|---|---|
| Астрономиянең барлыкка килүе: йолдызлы күк йөзен, анда кабатлана торган һәм гадәттән тыш күренешләрне күзәтү (шумерлар, мисырлылар, майя халкы) | Безнең эрага кадәр 4 нче меңьеллык |
| Төрле халыкларда кайбер йолдызлыкларны (шул исәптән зодиактагыларын) билгеләү, Кояш тотылуларын һәм кометаларны күзәтү (Кытай), гномонны һәм беренче почмак үлчәү коралларын уйлап табу (Вавилон Бабил), Борынгы Мисыр), календарьның барлыкка килүе (365 көнлек, борынгы Мисыр) | Безнең эрага кадәр 3 нче меңьеллык |
| Беренче мәртәбә йолдыз карталарын төшерү, Стоунхенджны төзү (Көньяк Англия), астрологиянең тууы (Кытай, Борынгы Мисыр), эклиптиканың күк экваторына авышлык почмагын үлчәү (Кытай) | Безнең эрага кадәр 2 нче меңьеллык |
| Олимпиадалар буенча ел исәбенең башлануы (Борынгы Греция) | Безнең эрага кадәр 776 ел |
| «Римга нигез салу»дан алып ел исәбен башлау (Борынгы Рим) | Безнең эрага кадәр 763 ел |
| Кытайда Кояш тотылуларны системалы рәвештә теркәп бару | Безнең эрага кадәр 720 ел |
| Күк йөзендә Киек Каз Юлын билгеләү (Кытай), планеталар исеме кушылган җиде көнлек атна (Һиндстанда, Борынгы Грециягә кадәр күпкә элегрәк), Күк йөзендә Тимерказык йолдызы белән Кече Җидегәнне билгеләү (Фалес, Борынгы Греция), йолдызлы күк йөзе фонында биш планетаның хәрәкәтен күзәтү (пифагорчылар), Җирнең шар формасында булуы (Фалес, Пифагор), аның күчәр тирәли әйләнүе (пифагорчылар Экфант белән Хикетас дип фараз ителә, алардан шактый соңрак — Гераклит Понтийский), | |

| | |
|---|---|
| шулай ук Айның Кояштан нур алып яктыртуы турындагы идеялэр (Фалес) | Безнең эрага кадэр VI гасыр |
| Киек Каз Юлы — күплэгэн йолдызлардан тора дигэн беренче фаразлар (Демокрит, Борынгы Греция) | Безнең эрага кадэр V гасыр азагы — IV гасыр башлары |
| Дөньяның беренче математик геоцентрик моделе — тәүге йолдыз каталогларының берсе (Евдокс Книдский, Борынгы Греция) | Безнең эрага кадэр IV гасырның 60 нчы еллары |
| Вавилонда эклиптиканы 12 тигез өлешкә («зодиак тамгаларына», зодиакаль йолдызлыклар исә шактый элегрэк ачылганнар!) бүлү, Аристотельнең геоцентрик дөнья системасы | Безнең эрага кадэр IV гасыр |
| Дөньяның беренче гелиоцентрик системасы һәм Кояш белән Айга кадэр ераклыкларны якынча бәяләү (Аристарх Самосский) | Безнең эрага кадэр якынча 265 нче еллар |
| Компас уйлап табылу (Кытай), беренче тапкыр Кояшның почмакча диаметрын үлчәү һәм күк глобусы ясау (Архимед) | Безнең эрага кадэр III гасыр урталары |
| Беренче тапкыр Җирнең үлчәмнәрен хисаплау (Эратосфен, Александрия) | Безнең эрага кадэр 240 нчы еллар |
| Диңгездә су күтәрелеше һәм кайтышының Айның торышына бәйле икәнен аңлау (Борынгы Греция) | Безнең эрага кадэр якынча 150 нче еллар |
| Гиппарх тарафыннан Җир күчәренең процессия күренешен ачу (ул шактый озак вакыт эчендә фәзада конус сыза). 850 чамасы йолдызны эченә алган каталог төзү һәм йолдызларны яктырышы буенча алты йолдызча зурлыкка бүлү (Борынгы Греция) | Безнең эрага кадэр 150—123 еллар |
| Юлий календаре кертелү | Безнең эрага кадэр 45 нче еллар |
| Күк йөзен 124 йолдызлыкка бүлү (Кытай) | I гасыр башы — II гасыр азагы |
| Клавдий Птолемейның геоцентрик дөнья системасы (Александрия) | Якынча 140 нчы еллар |
| Үгезбозау йолдызлыгында Кысласыман Томанлыкны тудырган супернова йолдызны күзәтү (Кытай, Европа) | 1054 ел |
| Күк сферасында аеруча төгәл почмак үлчәү эшләре башкару өчен Сәмаркандта астрономия обсерваториясе төзү (Олугбек) | Якынча 1425 ел |
| Русьта календарь ел башын 25 нче марттан 1 нче сентябрьгә күчерү | 1492 ел |

| | |
|---|---|
| Айның «көлсыман якты»сын аңлату (мәсәлән, урагы нәзек чакта аеруча яхшы күренеп торган Яңа Айда (Леонардо да Винчи, Италия) | XV гасыр ахыры — XVI гасыр башы |
| Николай Коперник тарафыннан дөньяның гелиоцентрик системасы тулысынча бәян ителә | 1543 ел |
| Тито Браге обсерваториясе төзелү (Вэн утравы, Дания) | 1576 ел |
| Григорий календаре кертелү | 1582 ел |
| Римда Джордано Бруноның утта яндырылуы | 1700 ел, 17 февраль |
| Йолдызларны грек алфавиты хәрефләре белән билгеләү (И. Байер, Германия) | 1603 ел |
| Күзәтү трубасы уйлап табылу (Голландия) | 1608 ел |
| Телескоплы астрономия чоры башлану (Галилей, Италия) | 1610 ел |
| Коралсыз күз белән генә карап, Кояшның күчәр тирәли әйләнүен ачу, Андромеда томанлыгын ачу (Германия) | 1612 ел |
| Н. Коперникның «Күк сфераларының әйләнүе» дигән төп хезмәтен тыю | 1616 ел |
| И. Кеплер тарафыннан планеталар хәрәкәтенең өч законын ачу | 1618—1619 еллар |
| Орион Томанлыгын ачу (Швейцария) | 1619 ел |
| Галилео Галилейга инквизиция суды | 1633 ел |
| Венера Кояш дискы буенча узкән вакытта беренче тапкыр Кояшның горизонталь параллаксын үлчәү (Англия) | 1639 ел |
| Ян Гевелий обсерваториясе төзелү (Гданьск, Польша) | 1641 ел |
| Х. Гюйгенс тарафыннан Сатурнның боҗралары ачылу | 1656 ел |
| Кояш спектрын ачу (И. Ньютон, Англия) | 1662 ел |
| Юпитерның Кызыл табын ачу (Р. Гук, Англия; Дж. Д. Кассини, Франция) | 1665 ел |
| Париж обсерваториясе төзелү | 1667—1672 еллар |
| И. Ньютон тарафыннан рефлекторлы телескоп уйлап табылу | 1668 ел |

| | |
|---|---|
| Юпитерның Галилей иярченнәре системасында тотылышларны күзәтү юлы белән яктылык тизлеген үлчәү (О. Ремер, Дания) | 1675 ел |
| Гринвич обсерваториясенә нигез салыну (Англия) | 1677 ел |
| И. Ньютонның «Башлангычлар» китабы басылу | 1687 ел |
| Россиядә яңа ел исәбе кертелү («Христос елдан башлап») һәм ел башын 1 гыйнварга күчерү (Петр I) | 1699 ел |
| Россиядә астрономия укытыла башлау (Навигация мәктәбе) | 1701 ел |
| Планеталарның Кояштан ераклыгында закончалык барлыгын ачу | 1772 ел |
| Җирне градусларда үлчәп, безнең планетаның полюслар тирәсендә яньчек булуын исбат итү (Париж академиясе экспедицияләре) | 1735—1743 еллар |
| И. Кантның космогоник гипотезасы | 1755 ел |
| Үгезбозау йолдызлыгында Кысласыман Томанлыкны ачу (Ш. Мессье, Франция) | 1758 ел |
| Венерада атмосфера барлыгын ачу (М. В. Ломоносов, Россия) | 1761 ел |
| Томанлыкларның Мессье төзегән беренче каталогы (103 объект) | 1771 ел |
| В. Гершель тарафыннан Уранның ачылуы | 1781 ел |
| Кара упкыннар булу ихтималы турында беренче гипотезалар (Дж. Мичелл, П. Лаплас, Франция) | 1783, 1796 еллар |
| Алголь йолдызының яктырышы үзгәрүенең сере ачылу (Дж. Гудрайк, Англия) | 1784 ел |
| Галактиканың формасы һәм зурлыгы турында беренче күзаллаулар (В. Гершель, Англия) | 1785 ел |
| П. Лапласның космогоник гипотезасы | 1796 ел |
| Беренче астероидны — Цереpаны ачу (Дж. Пиацци, Италия) | 1801 ел, 1 гыйнвар |
| Астероидларның Марс белән Юпитер арасында урнашкан планета җимерелүе нәтиҗәсендә барлыкка килүе турында гипотеза (Ольберс, Германия) | 1802 ел |

| | |
|---|---|
| Кояш спектрында Фраунгофер сызыкларын (йотылу сызыклары) ачу | 1815 ел |
| Мәскәү университеты каршында обсерватория төзелү | 1831 ел |
| Беренче тапкыр йолдызларга кадәр ераклыкны билгеләү (В. Я. Струве, Россия) | 1837 ел |
| Беренче тапкыр иң якын йолдызга — Центавр альфасына кадәр ераклыкны билгеләү (Т. Гендерсон, Көньяк Африка), Пулково обсерваториясенә нигез салу (В. Я. Струве, Россия) | 1839 ел |
| Фотографик астрономиянең тууы (Айның беренче фоторәсемнәре) | 1839—1840 еллар |
| Допплер эффекты ачылу | 1842 ел |
| Нептунны ачу (Дж. К. Адамс, Англия; У. Ж. Леверье, Франция) | 1846 ел |
| Яктылыкның йолдызара фәзада йотылуын ачу ( В. Я. Струве, Россия) | 1846 ел |
| Кояш активлыгының 11 еллык циклын ачу (Р. Вольф, Швейцария) | 1852 ел |
| Сатурн боҗраларының төзелеше турында Дж. К. Максвелл теориясе | 1859 ел |
| Астрофизикада спектраль анализ ысулы барлыкка килү (Г. Кирхгоф, Р. Бунзен, Германия) | 1859 ел |
| Метеор агышларының кометалар белән бәйләнеше ачылу | 1864 ел |
| Кояшта гелий табылу (Жансен, Локье, Франция) | 1868—1871 еллар |
| Марста «канал»лар ачу (Дж. Скиапарелли, Италия) | 1877 ел |
| Марсның иярченнәрен ачу (А. Холл, АКШ) | 1877 ел |
| Комета койрыкларының формасы турында теория (Ф. А. Бредихин, Россия) | 1877 ел |
| Цефеидларның пульсациясе турында беренче гипотеза | 1879 ел |
| Берничә дистә илдә сәгать поясларын кертү, даталар алмашыну сызыгы һәм географик озынлыкларны Гринвич меридианыннан башлап санау | 1884 ел |
| 13 мең томанлыкны эченә алган «Яңа гомуми каталог» (NGC, И. Л. Дрейер) | 1887 ел |

| | |
|---|---|
| Сатурн боҗраларының метеоритлардан төзелгән булуын исбат итү (А. А. Белопольский, Россия) | 1895 ел |
| Дөньяда иң зур телескоп-рефрактор (объективының диаметры 1,02 м, Йерк обсерваториясе, АКШ) | 1897 ел |
| К. Э. Циолковскийның «Галәм киңлекләрен реактив приборлар белән тикшерү» дигән хезмәте дөньяга чыга; анда космик очышларның мөмкин булуы нигезләнгән | 1903 ел |
| Маунт Вилсон обсерваториясе төзелә (Дж. Хейл, АКШ) | 1904 ел |
| Герцшпрунг-Ресселлның «спектр-яктыртучанлык» диаграммасы төзелгән | 1905—1913 еллар |
| Цефеидларның периоды һәм күренмә йолдызча зурлыклары арасындагы бәйлелекне ачу (Г. Ливит, АКШ) | 1908 ел |
| Тунгус метеориты төшү | 1908 ел, 30 июнь |
| Тимерказык (Котып) йолдызын цефеидлар төркеменә кертү | 1911 ел |
| Космик нурлар ачылу | 1912 ел |
| Сириус В — беренче ак кәрлә | 1915 ел |
| Маунс Вилсон обсерваториясендә 2,5 метрлы телескоп сафка баса | 1917 ел |
| Кояшның Галактикада үзәктән читтә урнашкан булуын ачу | 1918 ел |
| Халыкара астрономия союзы төзелү | 1919 ел |
| Галәмнең стационар булмаган релятивистик модельләре (А. А. Фридман, СССР) | 1922 ел |
| M31 һәм M33 томанлыкларының Галактикадан читтә булуын исбат итү (Э. Хаббл, АКШ) | 1924 ел |
| Тимерказык йолдызының куш булуын ачу | 1924 ел |
| Галактиканың әйләнүен ачу (В. Линдбланд, Швеция; Я. Оорт, Голландия) | 1926—1927 еллар |
| Хаббл законын ачу | 1929 ел |
| Плутонны ачу (К. Томбо, АКШ) | 1930 ел |
| Космик радионурланышны ачу (К. Янский, АКШ) | 1931 ел |
| СССРда Кояш Хезмәте (Служба Солнца) оештырылу | 1932 ел |

| | |
|---|---|
| Галәмдә яшерен масса («күренми торган», «караңгы матдә») барлыгы турында фикер туу | 1933 ел |
| Нейтрон йолдызлар булу турындагы гипотеза | 1934 ел |
| Кояш һәм йолдызлар эчендә термотөш реакцияләр баруы турында гипотеза | 1937 ел |
| А. Эйнштейнның гомуми чагыштырмалылык теориясе нигезендә кара упкыннар булуын алдан әйтү | 1939 ел |
| Йолдызара мохиттә молекулалар (CN, NH) булуын ачу | 1940 ел |
| Беренче актив галактикаларны ачу (К. Сейферт, АКШ) | 1940—1942 еллар |
| Көзгеле-линзалы менисклы телескоп уйлап табылу (Д. Д. Максутов, СССР) | 1941 ел |
| Айны радиолокацияләү | 1946 ел |
| «Кайнар Галәм» теориясе (Дж. Гамов, АКШ) | 1946 ел |
| Беренче Аккош А радиочыганагын ачу | 1946 ел |
| Маунт Паломар обсерваториясенә нигез салыну (АКШ) | 1947 ел |
| 5 метрлы телескоп-рефлекторны сафка кертү (Маунт Паломар) | 1948 ел |
| О. Ю. Шмидтның космогоник теориясе | 1949—1951 еллар |
| Я. Оортның кометалар болыты турындагы гипотезасы | 1950 ел |
| Безнең Галактиканың спираль булуын ачыклау | 1952 ел |
| Кайбер планеталарның һәм кометаларның радио-нурланышын ачу | 1955—1956 еллар |
| СССР да Җирнең дөньяда беренче ясалма иярченен җибәрү (космонавтиканың моннан соңгы казанышлары турында II кушымтаны карагыз) | 1957 ел, 4 октябрь |
| Җирнең радиацион поясларын ачу | 1958 ел |
| Планеталарны радиолокацияләү һәм астрономик берәмлекнең зурлыгына төгәллек кертү (СССР; АКШ) | 1961—1964 еллар |
| Рентген астрономиясенең тууы | 1962 ел |
| Квазарларны ачу (М. Шмидт, АКШ) | 1963 ел |

| | |
|---|---|
| Айны беренче тапкыр лазер белән локацияләү (СССР) | 1963 ел |
| Реликт радионурланышны ачу | 1965 ел |
| Бер-берсеннән гаять ерак урнашкан радиотелескоплар ярдәмендә радиоинтерференцион күзәтүләр методын эшләү (Л. М. Матвеенко, Н. С. Кардашев, СССР) | 1965 ел |
| Гамма-нурланышларның серле чыганакларын ачу | 1966 ел |
| Төньяк Кавказда СССР Фәннәр Академиясенең Махсус астрофизика обсерваториясен ачу | 1966 ел |
| Пульсарларны ачу (Дж. Белл, Э. Хьюиш, Англия) | 1967 ел |
| Кара упкыннарның «парга әйләнү» ихтималын ачу (С. Хокинг, Англия) | 1974 ел |
| Гигант молекуляр болытларны ачу, аларда йолдызлар барлыкка килә (Галактикада мондый болытлар берничә мең исәпләнә) | 1975 ел |
| Галәмнең эре масштаблы структурасы теориясен актив рәвештә эшләү | 1970—1980 еллар |
| Европада иң зур булган телескоп-рефлекторны сафка кертү (СССР Фәннәр Академиясе, Махсус астрофизика обсерваториясе) | 1976 ел |
| РАТАН-600 радиотелескобын сафка кертү (СССР Фәннәр Академиясе, Махсус астрофизика обсерваториясе) | 1977 ел |
| Кабара торган («инфляцион») Галәм теориясе эшләнә башлады (АКШ, СССР). Бу теория Галәмебезнең күп кенә үзлекләрен аңлата һәм башка галәмнәр дә барлыгын фаразлый (!) | 1970—1980 еллар |
| Галлей кометасының төшен якыннан торып тикшерү | 1986 ел |

XX гасырның соңгы унъеллыгында байтак кына күренекле ачышлар ясалды. Мәсәлән, галактикалар төшендә ялгыз кара упкыннар һәм гигант кара упкыннар булуына ышандыргыч дәлилләр алынды. Дистәләгән йолдыз тирәсендә планеталар, хәтта планета системалары ачылды. Күрән төстәге кәрлә йолдызлар күк объектлары ачылды, алар эре пла-

неталардан зуррак булсалар да, гадәти йолдыз булып китәрлек зурлыкка җитмәгән. Гигант планеталарның 30 лап иярчене ачылды. Ай полюслары тирәсендә беркадәр су запаслары табылды. Марс өслеге астында боз күп булып чыкты, ә бит без, кешеләр, бу планетага очу алдында торабыз. Ифрат зур телескоп-рефлекторлар сафка басты. Мәсәлән, Гаять Зур Телескоп көзгеләренең диаметры 8,2 м булган дүрт телескопны берләштерә (Чилида «Европа Көньяк обсерваториясе»), көзгеләренең диаметры 10 м булган Кек исемендәге телескоп-рефлекторлар (Мауна-Кеа, Гавай утраулары), көзгесенең диаметры 10,4 м булган Зур Канар телескоп-рефлекторы һ.б. Болардан шактый зуррак булган телескоплар проектлаштырыла һәм төзелә инде. Хәзерге вакытта төрле илләрдә элементар кисәкчеләрне тизләтә торган иң зур җайланмаларда үткәрелгән тәҗрибәләрнең космология өчен әһәмияте зур. Нәтиҗәдә инде бүген тәүге Галәмдә Олы шартлаудан соң ук булган шартларны кабатлауга ирешелде. Яңа астрономик күзәтүләр һәм физик экспериментлар даһи теоретикларга «Галәмне аңларга» ярдәм итәрләр, анда бара торган күп санлы процесс һәм күренешләрнең төзек һәм каршылыксыз моделен иҗат итәргә булышырлар. Күптән дә түгел, Галәм массасының 90% тан артыгы күзгә күренмәс материя булуы ачыкланды! — 1990—2000 еллар.

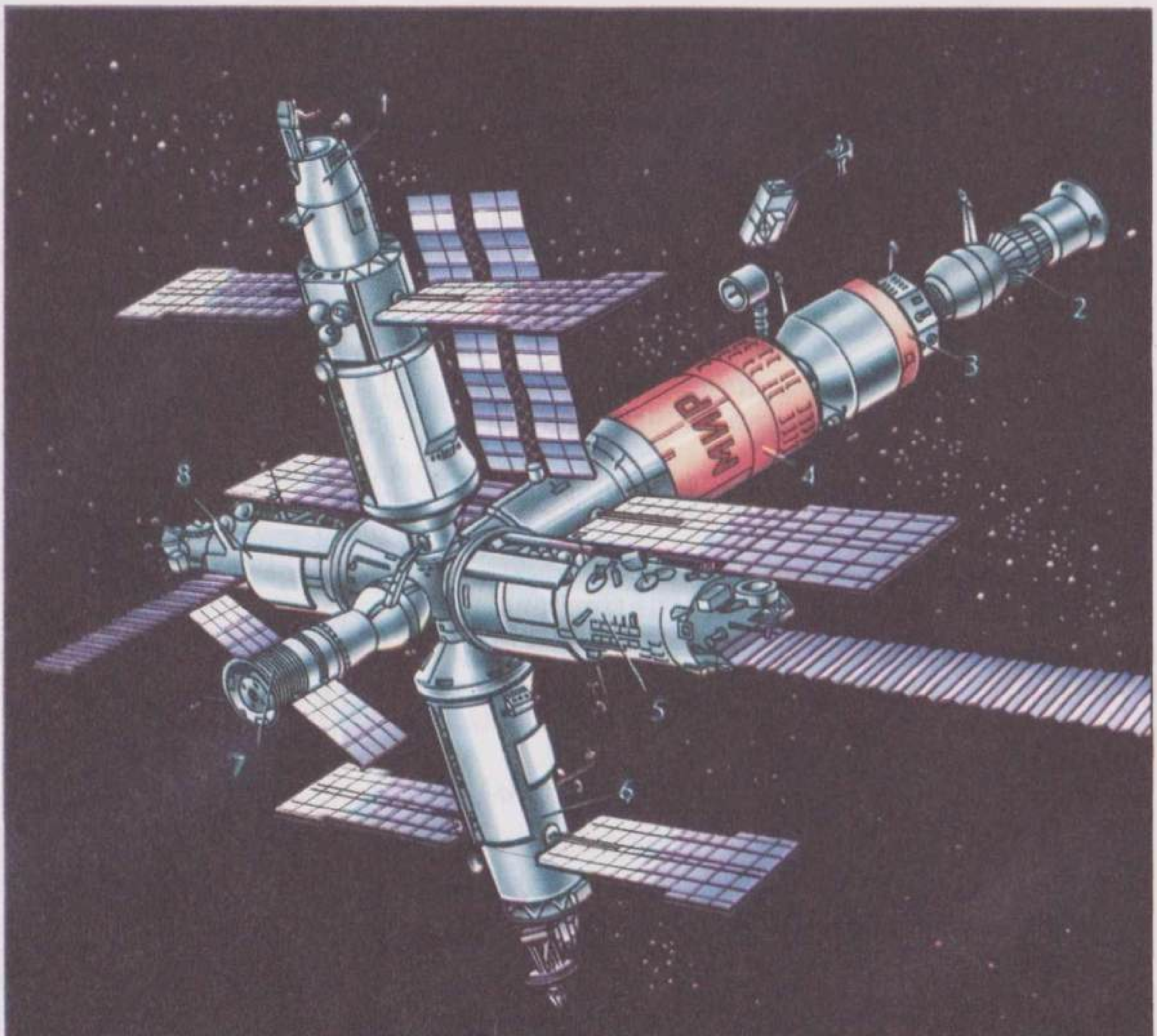
**Искәрмә.** Астрономия тарихы белән кызыксынып киткәч, сез аның белән якынрак таныша аласыз, ә моның өчен тәкъдим ителгән әдәбият исемлегендәге китапларны укырга кирәк.

## II. Космик киңлекләрне үзләштерү юлында иң мөһим даталар

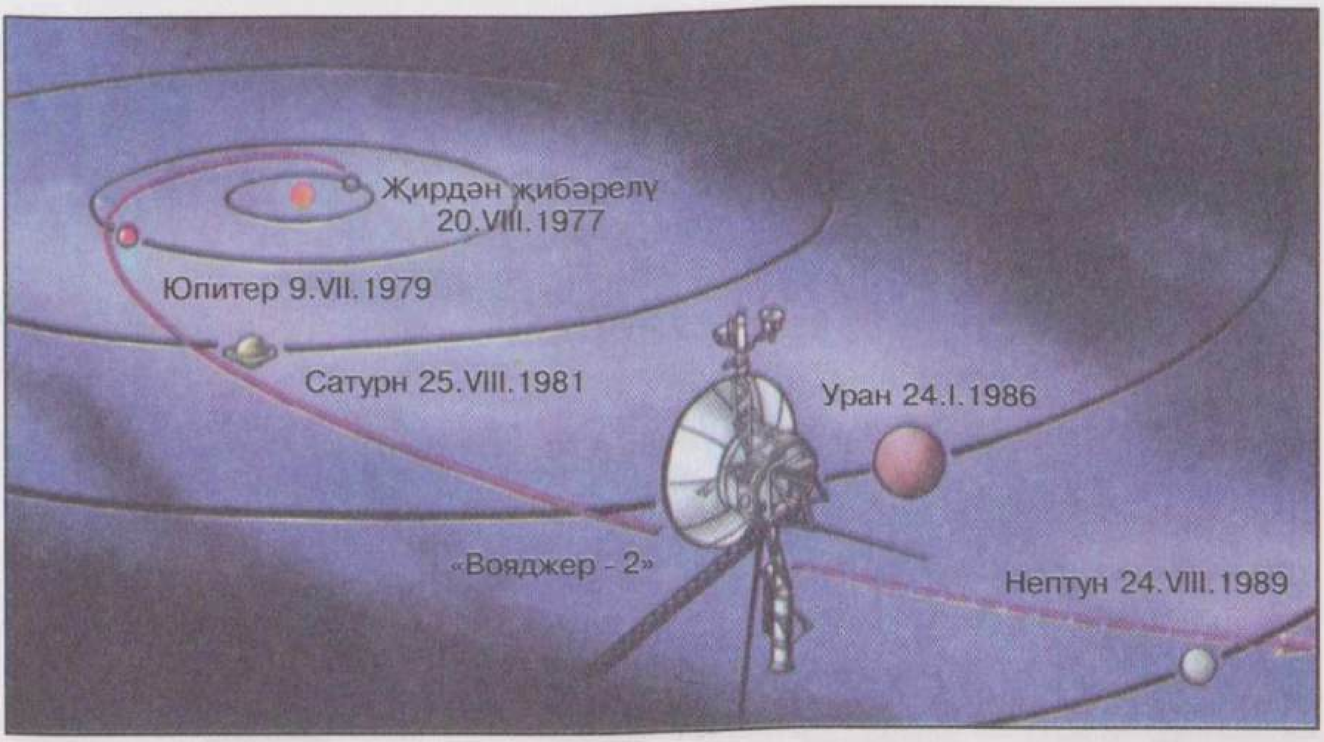
| | |
|---|---|
| Җирнең дөньяда беренче ясалма иярченен җибәрү (Космик эраның башлануы) | 1957 ел, 4 октябрь |
| Айның кире ягын фоторәсемгә төшерү («Луна-3») | 1959 ел, 7 октябрь |
| Ю. А. Гагаринның «Восток» космик корабләндә дөньяда беренче тапкыр орбиталь очышы — кешенең космоска беренче тапкыр очуы | 1961 ел, 12 апрель |

| | |
|---|---|
| Хатын-кызның космоска беренче очышы В. В. Терешкова; «Восток-6» корабле | 1963 ел, 16—19 июнь |
| Кешенең беренче тапкыр корабльдән космоска чыгуы (А. А. Леонов; «Восход-2» корабле) | 1965 ел, 18 март |
| Беренче тапкыр Марсны якын арадан фотога төшерү («Маринер-4», АКШ) | 1965 ел, 15 июль |
| Ай өслегенә беренче тапкыр салмак төшү («Луна-9»). Телевизион система ярдәмендә беренче тапкыр Җиргә Ай ландшафтының панорамалы сурәте тапшырылды | 1966 ел, 3 февраль |
| Беренче планетаара очыш (Җир — Венера, «Венера-3») | 1965 ел 16 ноябрь — 1966 ел 1 март |
| Айның беренче ясалма иярченен җибәрү («Луна-10») | 1966 ел, 31 март |
| Айны беренче тапкыр очып әйләнеп чыгу һәм автомат планетаара станциянең Җиргә кайтуы («Зонд-5») | 1968 ел, 15—21 сентябрь |
| Айга беренче экспедиция (астронавтлар Н. Армстронг, Э. Олдрин, М. Коллинз; «Аполлон-11» корабле) | 1969 ел, 16—24 июль |
| Ай грунтын автомат аппарат ярдәмендә беренче тапкыр алып кайту («Луна-16») | 1970 ел, 12—24 сентябрь |
| Айга беренче тапкыр үзйөрешле «Луноход-1» лабораториясен илтеп җиткерү («Луна-17») | 1970 ел, 17 ноябрь |
| Космик аппаратны беренче тапкыр Венера өслегенә салмак утырту («Венера-7») | 1970 ел, 15 декабрь |
| Беренче озак вакытлы фәнни орбиталь станция («Салют») | 1971 ел, 19 апрель — 12 октябрь |
| Беренче тапкыр Марс өслегенә салмак төшү («Марс-3») | 1971 ел, 2 декабрь |
| Беренче тапкыр Юпитерны якын арадан фоторәсемгә төшерү («Пионер-10», АКШ) | 1973 ел, ноябрь — декабрь |
| Беренче тапкыр Меркурийны якын арадан фоторәсемгә төшерү («Маринер-10», АКШ) | 1974 ел, 30 март |
| Беренче халыкара космик очыш — «Союз-19» (космонавтлар — А. Леонов һәм В. Кубасов) һәм «Аполлон» (АКШ астронавтлары — Т. Стаффорд, В. Бранд, Д. Слейтон) | 1975 ел, 15—21 июль |

| | |
|---|---|
| Венера өслегеннән беренче тапкыр телевизион сурәтләр тапшыру («Венера-9» һәм «Венера-10») | 1975 ел, 22 һәм 25 октябрь |
| Беренче идарә итүле орбиталь фәннитикшеренү комплексы («Союз-27», «Салют-6», «Союз-26») | 1978 ел, 1 гыйнвар |
| АКШта җибәрелгән беренче идарә итүле фәнни орбиталь станция («Скайлэб») | 1973 ел 14 май — 1979 ел 11 июль |
| Венера өслегенең радиолокацион сурәтләренең беренче серияләрен тапшыру («Венера-15», «Венера-16») | 1983—1984 еллар |
| Комета төшенең беренче фоторәсемнәрен алу (Галлей кометасы, «Вега-1») | 1986 ел, 9 март |

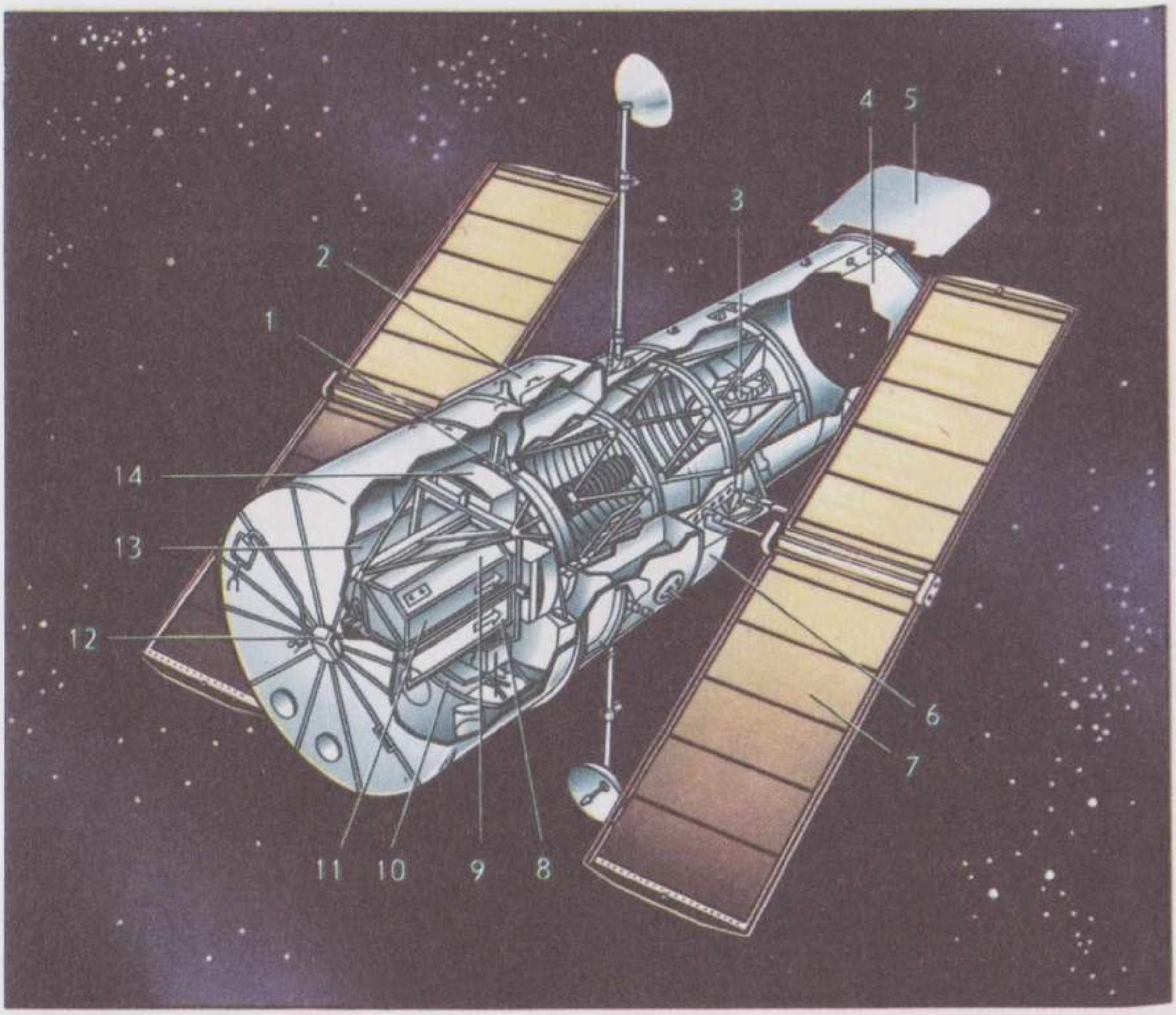



**Рәс. 108. Озак вакытка исәпләнгән «Мир» орбиталь станциясе (Россия):** *1* — «Квант-2» модуле; *2* — «Союз» космик корабле; *3* — «Квант» модуле; *4* —«Мир» станциясе; 5 — «Природа» модуле; *6* — «Спектр» модуле; *7* — «Прогресс» корабле; *8* — «Кристалл» модуле.




**Рәс. 109. «Вояджер-2»нең хәрәкәт траекториясе.**

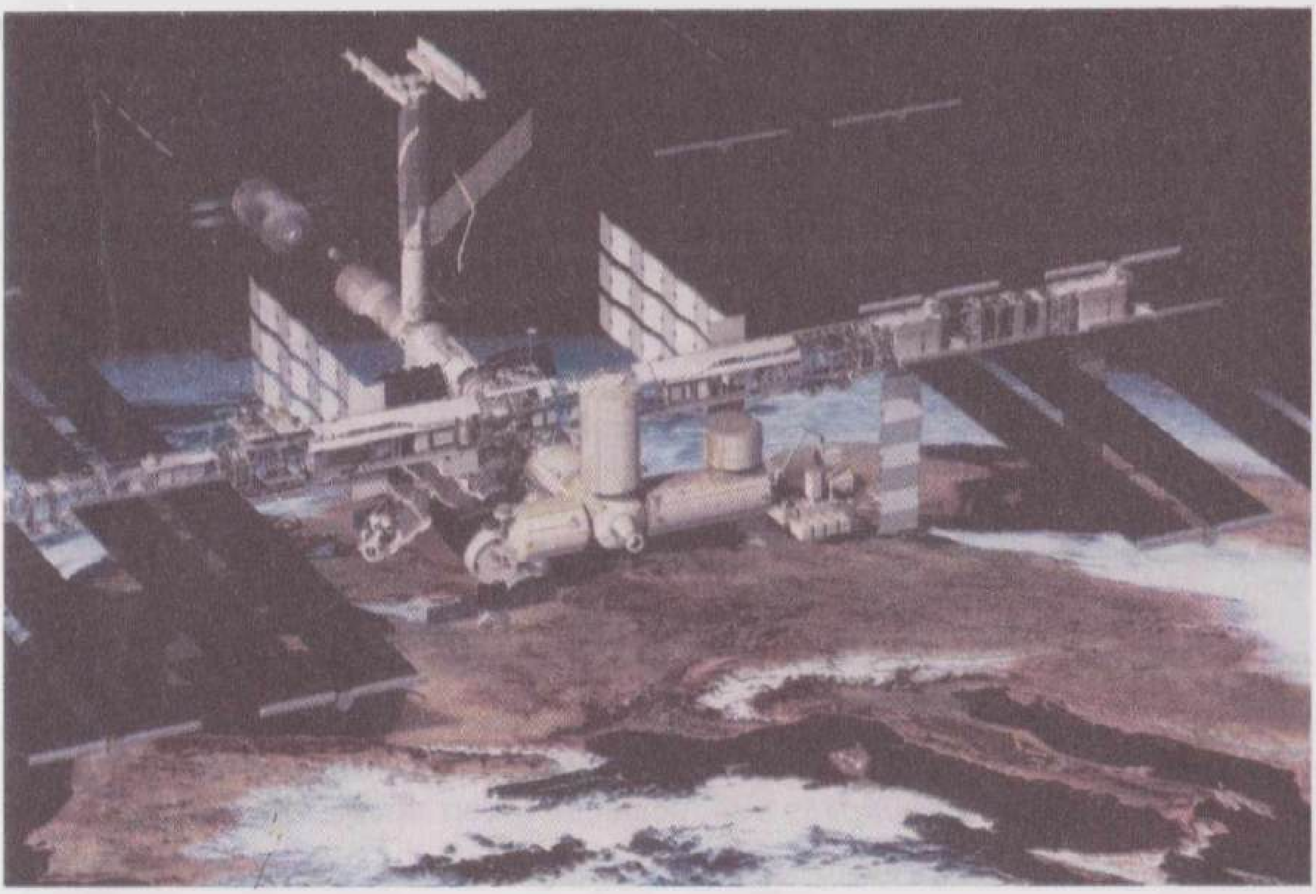
| | |
|---|---|
| Җир тирәли орбитада дәвамлылыгы буенча (15 ел) уникаль очыш («Мир» космик станциясе, Россия; рәс. 108). Анда төрле вакытларда йөздән артык космонавт һәм астронавтлар эшләде (В. В. Поляков бирегә орбиталь очышның дәвамлылыгы буенча рекорд куйды — 438 тәүлек эчендә ул өч төп экспедиция составында булды) | 1986 елның 20 феврале — 2001 елның 16 марты |
| 1977 елның 20 августында Юпитерга таба җибәрелгән «Вояджер-2» автомат планетаара станциясенең (АКШ) Юпитер белән (1979 ел, июль), Сатурн белән (1981 ел, август), Уран белән (1986 ел, гыйнвар), Нептун белән (1989 ел, август) якынлашуы, бу планеталарны, аларның иярченнәрен һәм боҗраларын фотога төшерүе (рәс. 109) | 1979 — 1989 еллар |
| Җир тирәли орбитага Хаббл исемендәге американ телескобын чыгару (рәс. 110) | 1990 ел, 25 апрель |
| Астероид өслегенең беренче фоторәсемнәрен алу (Гаспра, «Галилео» автомат планетаара станциясе, АКШ) | 1991 ел, 29 октябрь |
| Венера өслегенең яңа радиолокацион сурәтләрен алу 1989 елның 4 маенда җибәрелгән «Магеллан» автомат станциясе) | 1990 — 1994 еллар |




**Рәс. 110. Хаббл исемендәге космик телескоп (АКШ):**

*1* — төп көзге; *2* — хезмәт күрсәтү системалары модуле; *3* — икенчел көзге; *4* — ян як нурлардан саклаучы җайланма; *5* — капкач; *6* — җиһазлар бүлеме; *7* — Кояш батареялары; *8* — зәгыйфь объектлар камерасы; *9* — зур тизлекле спектрограф; *10* — киң почмаклы һәм планеталар камерасы; *11* — инструментлар бүлеме; *12* — зәгыйфь объектлар өчен спектрограф; *13* — аеру сәләте югары булган спектрограф; *14* — төгәл юнәлтү датчиклары.

| | |
|---|---|
| Сатурн планетасына «Кассини» автомат планетаара станциясен (АКШ—Европа) җибәрү («Гюгенс» өслеккә төшерү зонды белән). | 1997 ел, 15 октябрь |
| «Протон-К» йөртүче-ракета ярдәмендә Җир тирәли орбитага хәзер төзелә торган Халыкара космик станциянең беренче функциональ-йөк ташу блогы «Заря» чыгарылган (рәс. 111). | 1998 ел, 28 октябрь |
| «Шумейкер» космик корабленең беренче тапкыр «Эрос» астероиды өслегенә төшүе | 2001 ел, 12 февраль |



**Рәс. 111.** Хәзерге вакытта 16 ил катнашында төзелә торган Халыкара космик станция — XX гасыр орбиталь станциясе (Европа космик агентлыгы рәсеме).

## III. Грек алфавиты

| Хәрефләр | | Хәрефнең исеме | Хәрефләр | | Хәрефнең исеме |
|---|---|---|---|---|---|
| басма | кулъязма | | басма | кулъязма | |
| Αα | *Αα* | альфа | Νν | *Νν* | ню |
| Ββ | *Ββ* | бета | Ξξ | *Ξξ* | кси |
| Γγ | *Γγ* | гамма | Οο | *Οο* | омикрон |
| Δδ | *Δδ* | дельта | Ππ | *Ππ* | пи |
| Εε | *Εε* | эпсилон | Ρρ | *Ρρ* | ро |
| Ζζ | *Ζζ* | дзета | Σσ | *Σσ* | сигма |
| Ηη | *Ηη* | эта | Ττ | *Ττ* | тау |
| Θθ | *Θθ* | тэта | Υυ | *Υυ* | ипсилон |
| Ιι | *Ιι* | йота | Φφ | *Φφ* | фи |
| Κκ | *Κκ* | каппа | Χχ | *Χχ* | хи |
| Λλ | *Λλ* | лямбда | Ψψ | *Ψψ* | пси |
| Μμ | *Μμ* | мю | Ωω | *Ωω* | омега |

## IV. Йолдызлы күк йөзенең күчмә картасы

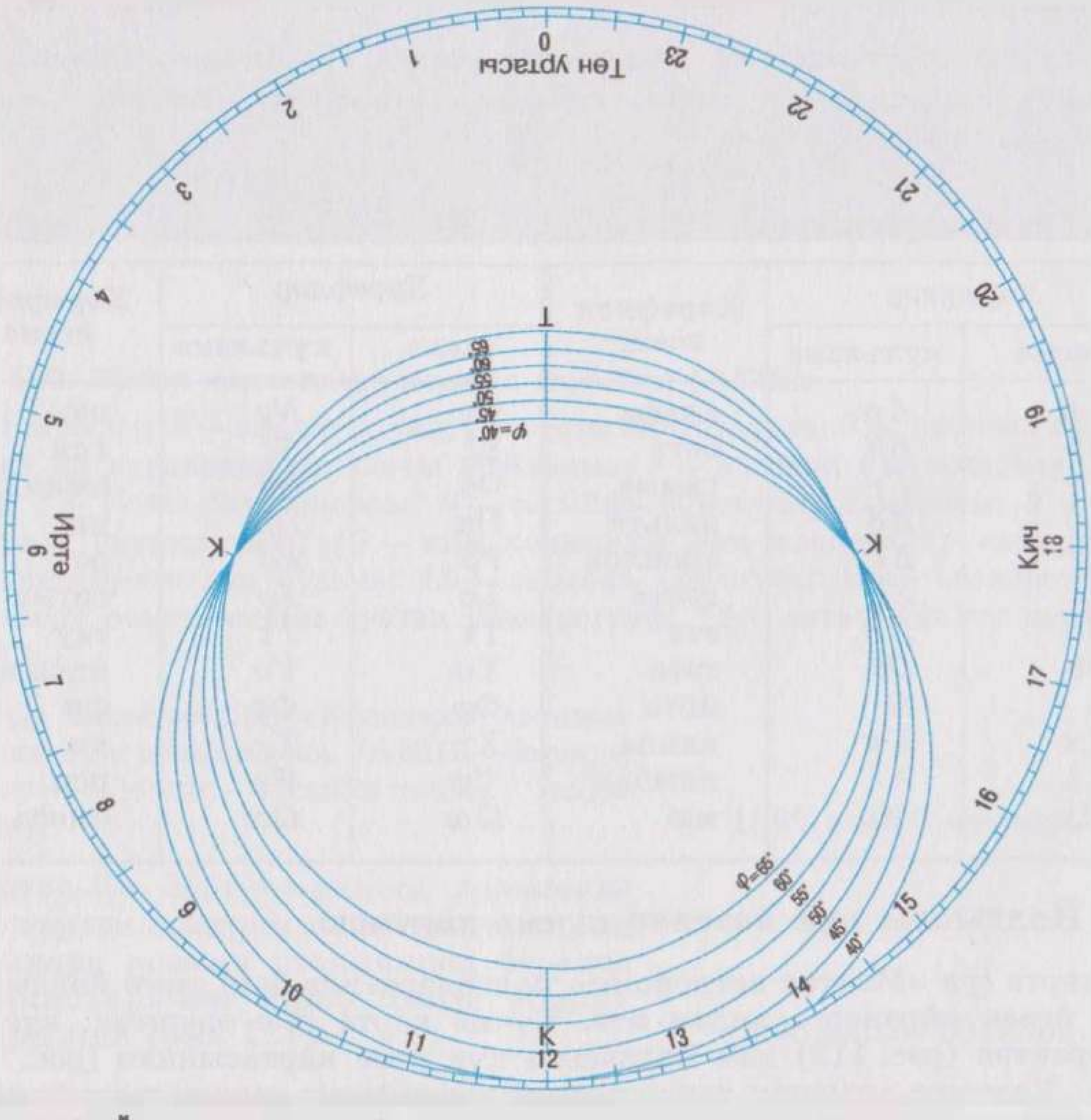
Бу карта (ул «Мәктәп астрономия календаре»нда бар) сезгә йолдызлы күк йөзен өйрәнергә ярдәм итә. Күчмә карта ике өлештән: куелма түгәрәктән (рәс. 112) һәм йолдызлы күк йөзе картасыннан (рәс. 113) тора. Үзегезгә аларның зурайтылган күчермәсен ясарга тырышыгыз. Зурайтылган күчермәдән файдаланып яки «Мәктәп астрономия кален-

даре»ннан кисеп алып, картаны һәм куелма түгәрәкне катыргыга ябыштырыгыз.

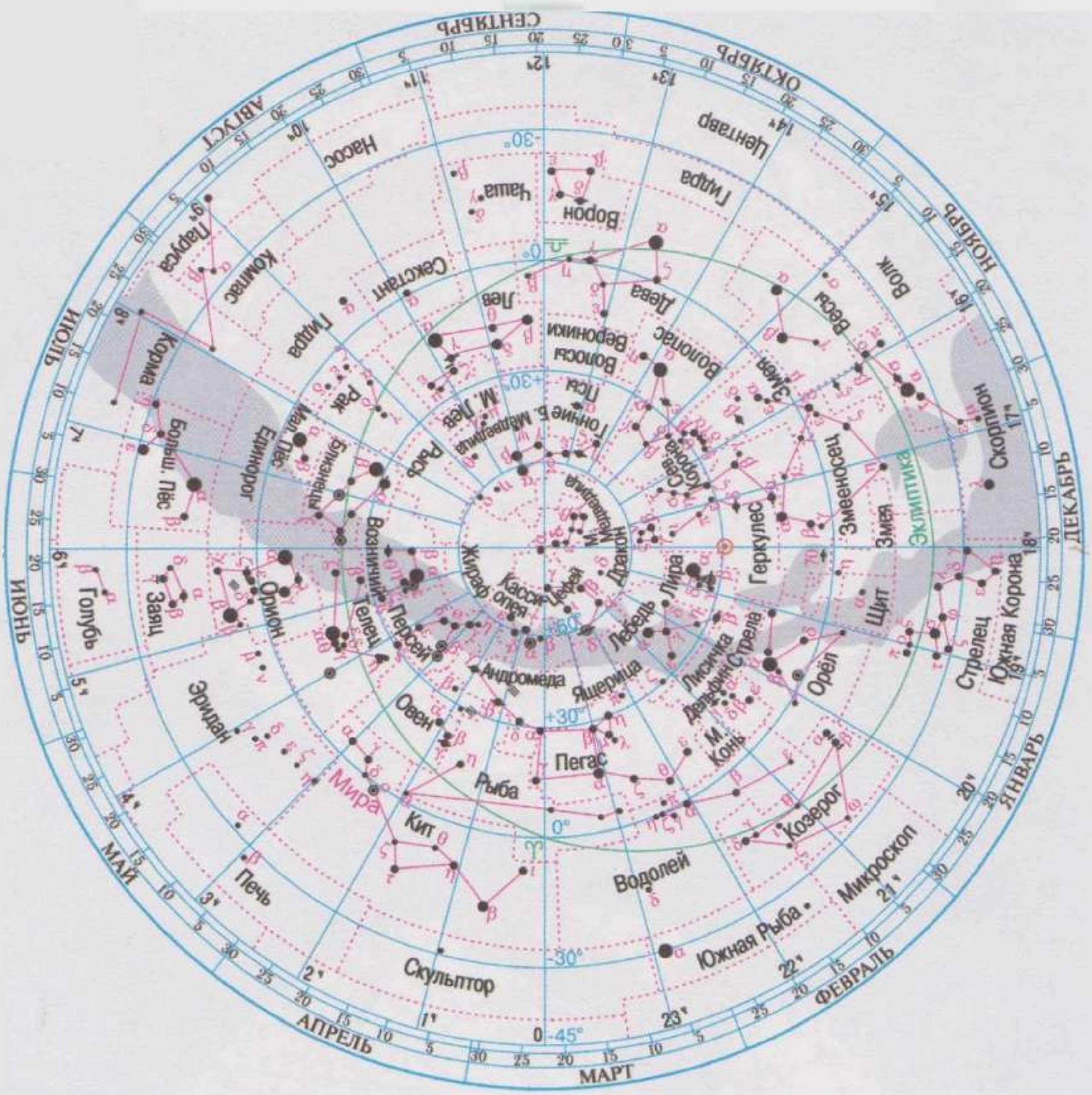
Куелма түгәрәкне, күзәтү урынының географик киңлегенә туры китереп, уеп алалар. Мәсәлән, Мәскәү өчен (аның киңлеге 55°45′) уемны 55° дип билгеләнгән сызык буенча ясарга мөмкин. Әгәр куелма түгәрәктә билгеләнгән күзәтү сәгатен йолдызлы картада күрсәтелгән датага каршы китереп куйсаң, куелма түгәрәктәге уемда шушы вакытта күктә күренә торган йолдызлыклар урнашачак. Куелма түгәрәк уемының читләре офыкны күрсәтәләр (анда төньяк, көньяк, көнчыгыш һәм көнбатыш нокталары билгеләнгән). Уемның үзәге күзәтүченең баш очындагы ноктага — зенитка туры килә. Йолдызлы күк йөзенең күчмә картасы «Мәктәп астрономия календаре»нда җентекләбрәк тасвирлана, аның белән эш итүгә кагылышлы киңәшләр дә шунда бирелгән.
Елның төрле вакытларында кичке йолдызлы күк йөзенең күренешләре 114 һәм 115 нче рәсемнәрдә бирелгән.

## V. Мәктәп астрономия календаре

Мондый календарь һәр уку елы өчен чыгарыла. Сез анда үзегезне кызыксындырган вакытта күзәтергә мөмкин булган астрономик күренешләр турында мәгълүмат табарсыз. Мәктәп астрономия календарен




Рәс. 112. Йолдызлы күк йөзенең картасына куелма түгәрәк.

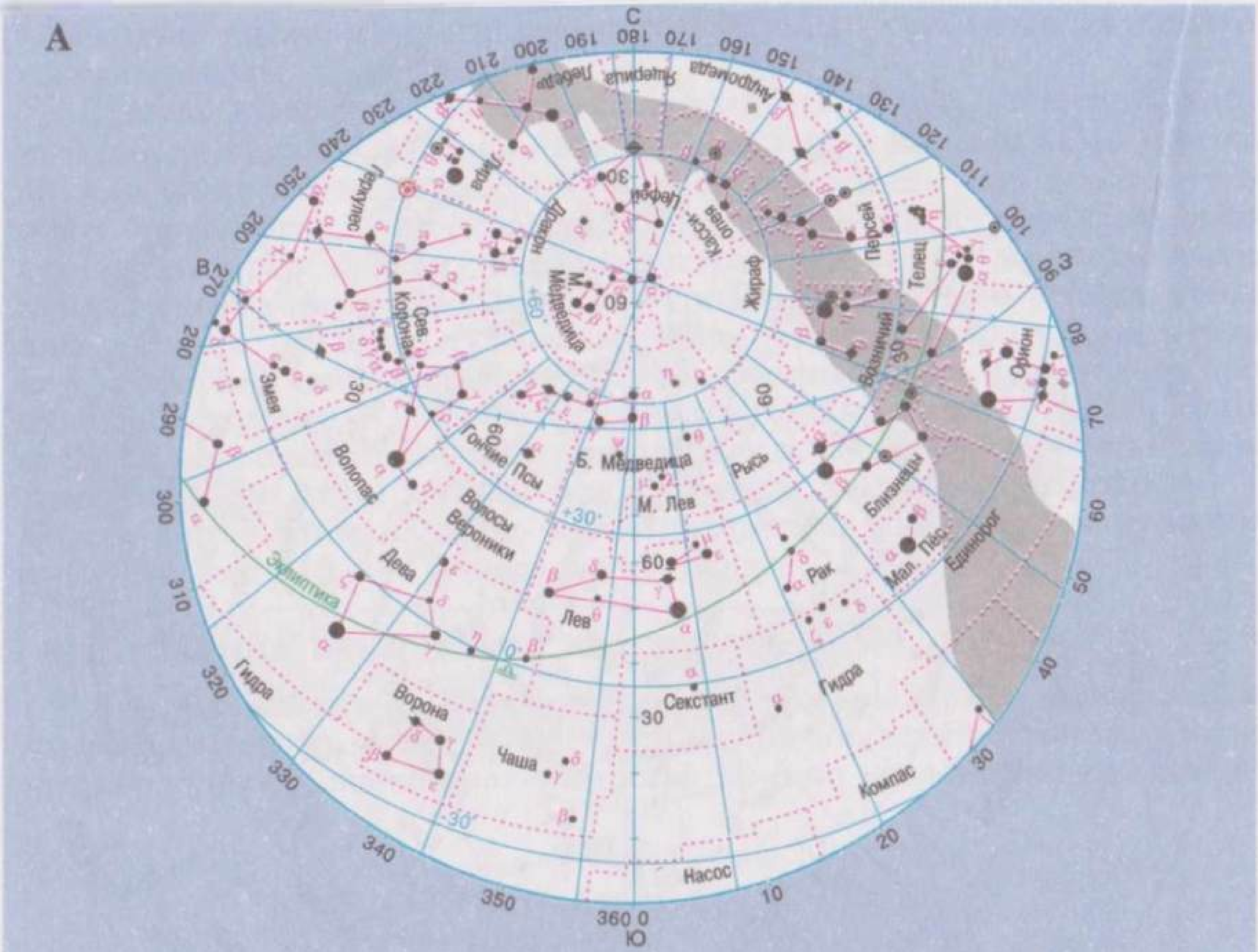



Йолдызлар
Куш йолдызлар
Якын урнашкан ике йолдыз
Үзгәрешле йолдызлар
Кояшның апексы
Томанлыклар
Язгы көн-төн тигезләшү ноктасы
Көзге көн-төн тигезләшү ноктасы
Йолдызлыкларның чикләре һәм аларның исемнәре

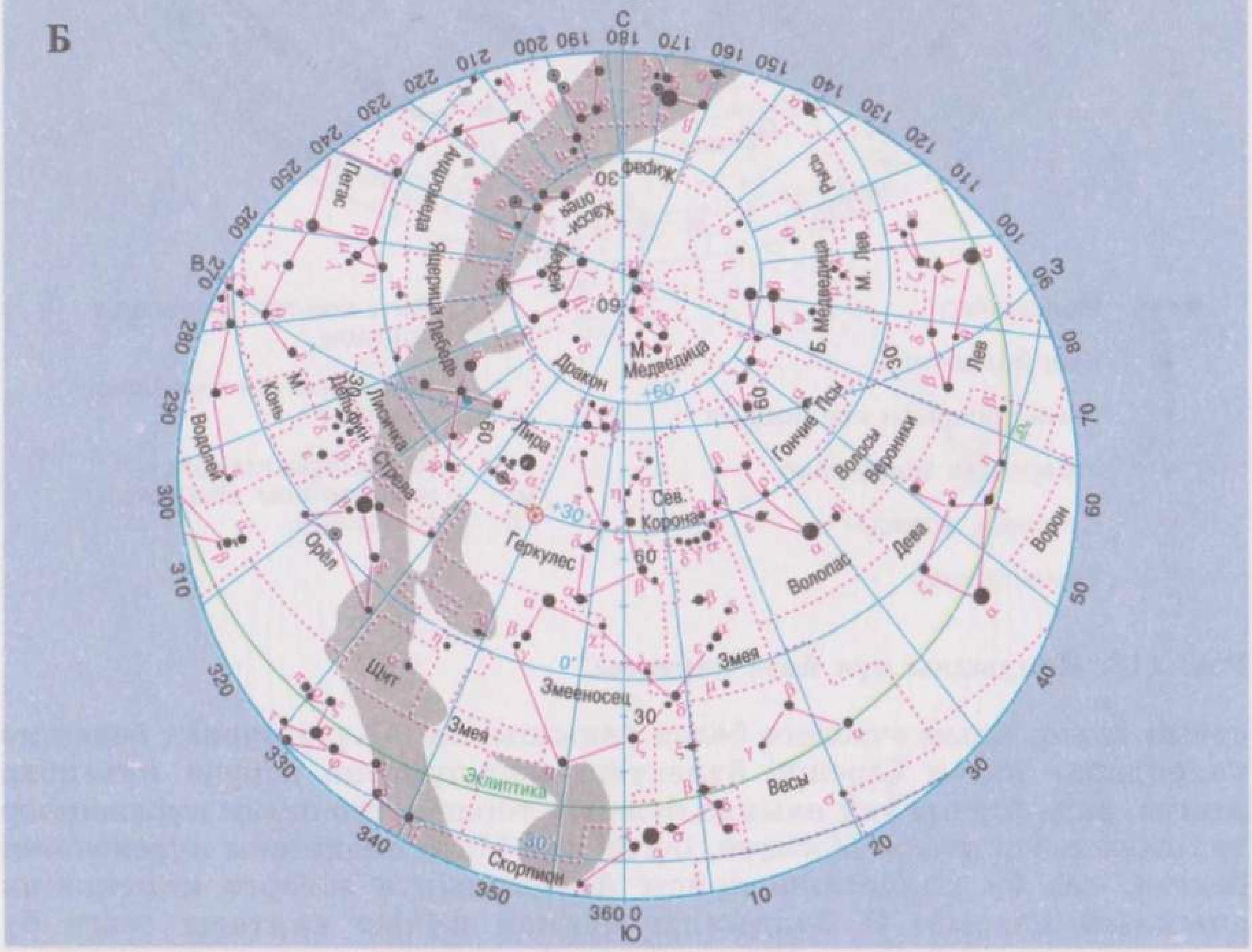
**Рәс. 113. Йолдызлы күк йөзе картасы.**

сатып алып, аның эчтәлеге белән танышыгыз. «Күзәтүченең белешмә календаре» дигән беренче бүлектәге мәгълүматка аеруча игътибар итегез, анда шушы уку елында булачак төрле астрономик күренешләр турында хәбәр ителә. Мәсәлән, бүген кич Марс планетасы күренәчәген белгәч, сез бу планетаны кайсы йолдызлыкта эзләргә кирәклеген ачыклый аласыз. Ә йолдызлы күкнең күчмә картасы сезгә бу йолдызлыкны күктән эзләп табарга һәм аның күренү шартларын ачыкларга ярдәм итәр. Мәктәп астрономия календарендә сезнең күбегезне һичшиксез кызыксындырачак башка бүлекләр дә бар.

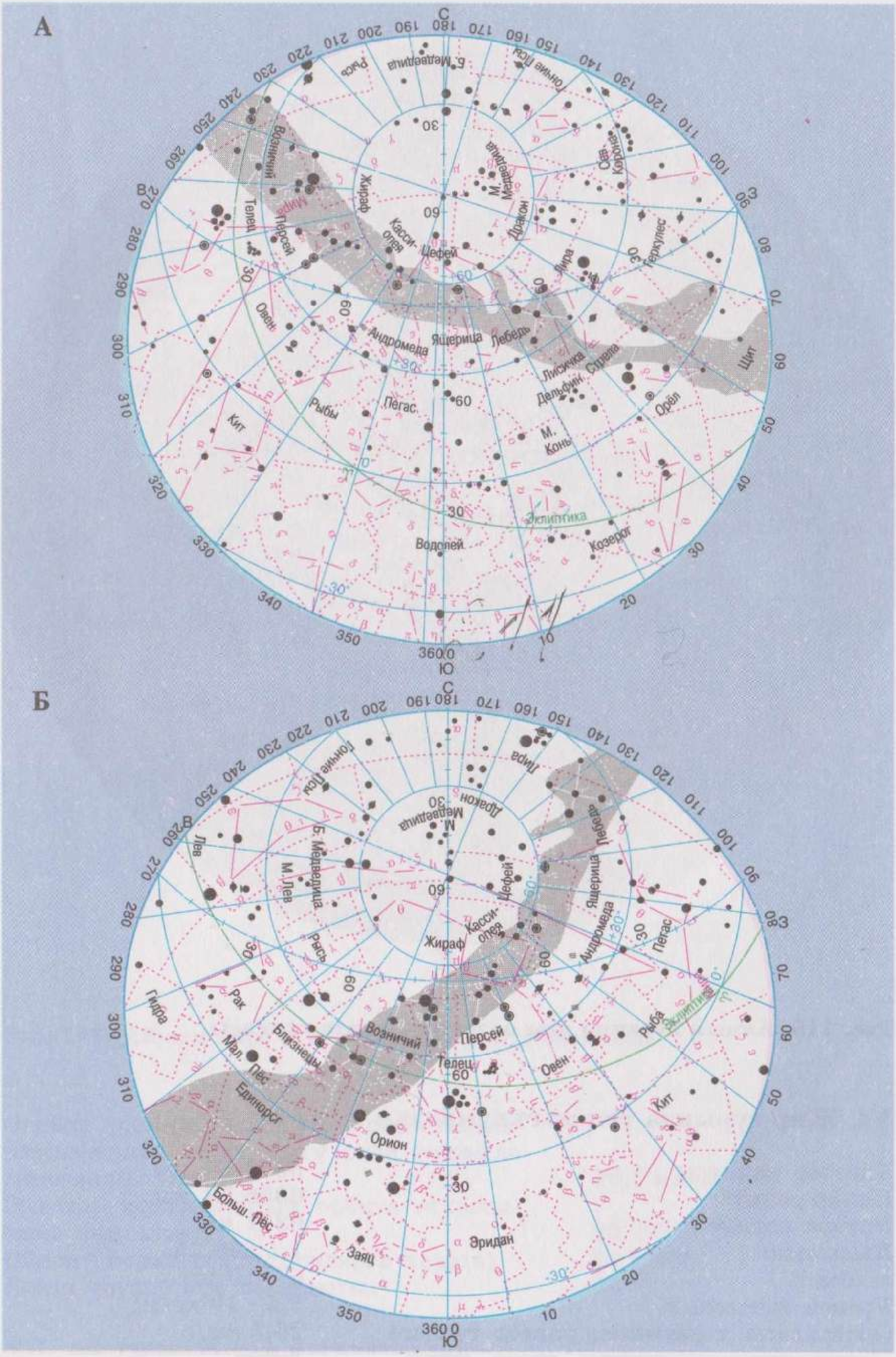
А



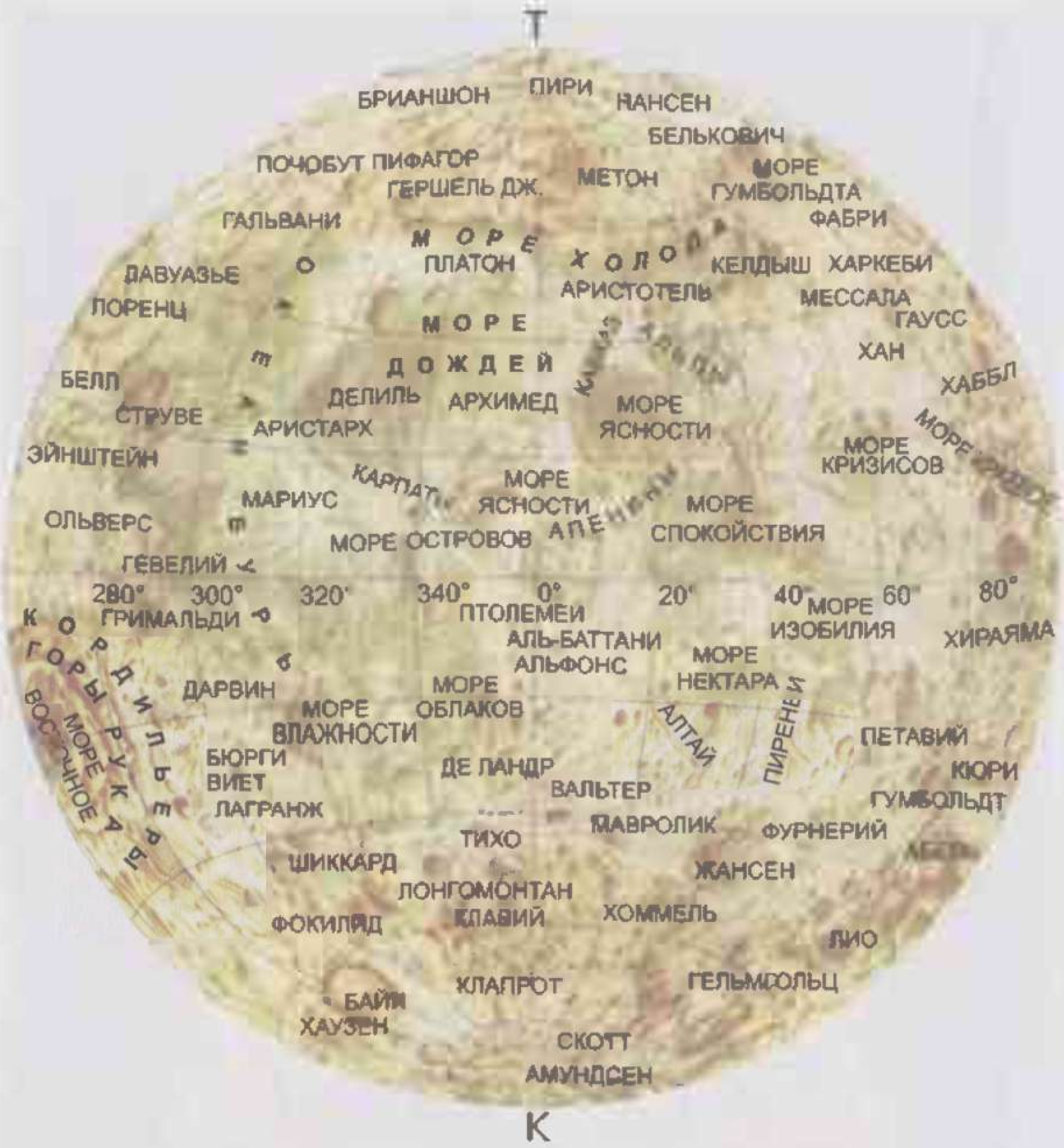

Б




Рәс. 114. Йолдызлы күк йөзенең язгы (21 март) картасы *А* һәм җәйге (22 июнь) картасы *Б*. ($\varphi$ = 50—60°, 22—23 сәг).




**Рәс. 115.** Йолдызлы күк йөзенең көзге (23 сентябрь) картасы *А* һәм кышкы (22 декабрь) картасы *Б*. ($\varphi = 50$—$60^\circ$, 22—23 сәг).




**Рәс. 116. Айның күренмә ягы өслегенең карта-схемасы.**

## VI. Җир турында төп мәгълүматлар

| | |
|---|---|
| Экватор радиусы | 6378,16 км |
| Поляр радиус | 6356,78 км |
| Уртача радиус | 6371 км |
| Кысылыш | 1 : 298,25 |
| Масса | $6 \cdot 10^{24}$кг |
| Уртача тыгызлык | $5{,}5 \cdot 10^{3}$кг/м$^3$ |
| Орбитадагы хәрәкәтнең уртача тизлеге | 29,8 км/с |
| Ирекле төшү тизләнеше ($\varphi = 45^\circ$ өчен) | 9,8 м/с$^2$ |
| Беренче космик тизлек | 7,9 км/с |
| Икенче космик тизлек | 11,2 км/с |

**Рәс. 117. Айның кире ягы өслегенең карта-схемасы.**

| | |
|---|---|
| Өченче космик тизлек (Кояш системасы чикләреннән очып чыгу өчен кирәкле минималь тизлек) | 16,7 км/с |
| Экватор яссылыгының орбита яссылыгына авышлыгы | 23° 26′ |
| Әйләнү периоды (йолдызларга карата) | $23^{сәг}$ $56^{м}$ |
| Кояш тәүлегенең озынлыгы | $24^{сәг}$ |

**VII. Ай турында төп мәгълүматлар**

| | |
|---|---|
| Җирдән уртача ераклыгы | 384 400 км |
| Сидерик әйләнү периоды | $27,3^{к}$ |

| | |
|---|---|
| Күчәр тирәли әйләнү периоды | 27,3$^{к}$ |
| Синодик әйләнү периоды | 29,5$^{к}$ |
| Орбитасының эксцентриситеты | 0,05 |
| Орбитасының эклиптика яссылыгына авышлыгы | 5,1° |
| Орбитадагы уртача тизлеге | 1,03 км/с |
| Иң зур күренмә уртача диаметры | 33′40″ |
| Сызыкча диаметры | 3476 км |
| Массасы (Җир массасы — $M_{\oplus} = 1,0$) | $7,35 \cdot 10^{22}$кг ($0,012\ M_{\oplus}$) |
| Уртача тыгызлыгы | $3,3 \cdot 10^{3}$кг/м$^{3}$ |
| Өслегендә ирекле төшү тизләнеше | 1,62 м/с$^{2}$ ($0,16\, g_{\odot}$) |
| Икенче космик тизлек (параболик тизлек) | 2,4 км/с |

## VIII. Кояш турында төп мәгълүматлар

| | |
|---|---|
| Горизонталь параллаксы | 8,794″ |
| Җирдән уртача ераклыгы | $1,496 \cdot 10^{8}$ км |
| Иң зур күренмә почмакча диаметры | 32′31″ |
| Сызыкча диаметры | $1,39 \cdot 10^{6}$ км ($109\, D_{\oplus}$) |
| Массасы | $2 \cdot 10^{30}$ кг ($333\,000\, M_{\oplus}$) |
| Уртача тыгызлыгы | $1,4 \cdot 10^{3}$ кг/м$^{3}$ |
| Ирекле төшү тизләнеше | 274 м/с$^{2}$ ($27,9\, g_{\oplus}$) |
| Өслегендә икенче космик тизлек | 620 км/с |
| Кояш экваторындагы нокталарның сызыкча тизлеге | 2 км/с |
| Экватордагы нокталарның әйләнү тизлеге (экваториаль зонаның сидерик әйләнү периоды) | 25,4$^{к}$ |
| Экватордагы нокталарның синодик (Җирдән күзәтелә торган) әйләнү периоды | 27,3$^{к}$ |
| Фотосферасының температурасы | $6 \cdot 10^{3}$ К |
| Кояш таҗының температурасы | $1,5 \cdot 10^{6}$ К |
| Үзәк өлкәләрендәге температура | $1,5 \cdot 10^{7}$ К |
| Кояш константасы | 1,4 кВт/м$^{2}$ |
| Яктыртучанлыгы | $3,8 \cdot 10^{26}$ Вт |
| Кояшның күренмә йолдызча зурлыгы | $-26,8^{m}$ |
| Кояшның абсолют йолдызча зурлыгы | $+4,8^{m}$ |
| Спектраль классы | G2 |
| Кояш активлыгы циклының уртача дәвамлылыгы | 11 ел |
| Кояштан алып Галактика үзәгенә кадәр ераклык | $10^{4}$ пк $\approx 3,3 \cdot 10^{4}$ якт. елы |
| Кояшның Галактика үзәге тирәсендә хәрәкәт итү тизлеге | 250 км/с |
| Кояшның Галактика үзәге тирәсендә әйләнү периоды | $2 \cdot 10^{8}$ ел |

## IX. Планеталар турында төп мәгълүматлар

| Планетаның исеме һәм аның билгесе | Кояштан уртача ераклыгы, а. б. | Сидерик периоды, ел | Орбитасының эксцентриситеты | Орбиталь тизлеге, км/с | Уртача радиусы, км | Кучәренең орбита яссылыгына авышлыгы, | Әйләнү периоды | Уртача тыгызлыгы, $10^3$кг/м$^3$ | Ирекле төшү тизләнеше, м/с$^2$ | Икенче космик тизлеге, км/с$^2$ | Массасы, Җир массаларында ($M_⊕ = 6 \cdot 10^{24}$кг) | Иярченнәр саны | Атмосферасы бармы? |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Меркурий ☿ | 0,39 | 0,24 | 0,206 | 47,9 | 2440 | 89 | 58,7$^к$ | 5,5 | 3,7 | 4,2 | 0,06 | — | Сизелә |
| Венера ♀ | 0,72 | 0,61 | 0,007 | 35,0 | 6050 | −86,6 | 243,1$^к$ | 5,2 | 8,9 | 10,4 | 0,82 | — | Бик тыгыз |
| Җир ⊕ ♁ | 1,00 | 1,00 | 0,017 | 29,8 | 6371 | 66,5 | 23$^{сәг}$ 56$^м$ 4$^с$ | 5,5 | 9,8 | 11,2 | 1,0 | 1 | Тыгыз |
| Марс ♂ | 1,52 | 1,88 | 0,093 | 24,1 | 3397 | 66,5 | 24$^{сәг}$ 37$^м$ 22$^с$ | 3,9 | 3,7 | 5,0 | 0,11 | 2 | Сирәк |
| Юпитер ♃ | 5,20 | 11,86 | 0,048 | 13,1 | 69 900 | 87 | 9$^{сәг}$ 50$^м$ | 1,3 | 25,8 | 60,4 | 318 | 63 | Бик тыгыз |
| Сатурн ♄ | 9,54 | 29,46 | 0,054 | 9,6 | 58 000 | 63,5 | 10$^{сәг}$ 14$^м$ | 0,7 | 11,3 | 36,2 | 95,2 | 36 | » |
| Уран ♁ | 19,19 | 84,02 | 0,046 | 6,8 | 25 400 | −8 | 10$^{сәг}$ 49$^м$ | 1,4 | 9,0 | 21,4 | 14,6 | 27 | » |
| Нептун ♅ | 30,07 | 164,78 | 0,008 | 5,4 | 24 300 | 61 | 15$^{сәг}$ 48$^м$ | 1,6 | 11,6 | 23,8 | 17,2 | 13 | » |
| Плутон Pl | 39,52 | 247,7 | 0,253 | 4,7 | 1140 | 15(?) | 6,4$^к$ | 2,0 | 0,6? | 1,3? | 0,002 | 1 | 1988 елда ачылды |

## X. Җир төркемендәге планеталар атмосферасының иң мөһим параметрлары

| Планета | Җир | Венера | Марс |
|---|---|---|---|
| Төп химик составы (газ сүрүенең бөтен күләменә карата) | $N_2$ 78<br>$O_2$ 21<br>Ar 0,93<br>$H_2O$ 0,1 — 1<br>$CO_2$ 0,03 | $CO_2 > 95$<br>$N_2$ 3—5<br>Ar 0,01<br>$H_2O$ 0,01 — 0,1<br>$O_2 < 5 \cdot 10^{4}$ | $CO_2$ 95<br>$N_2$ 2—3<br>Ar 1—2<br>$H_2O$ $10^{3}$—$10^{1}$<br>$O_2$ 0,1—0,4 |
| Өслеге янындагы басым (Җир өслегендәге басым берәмлек дип кабул ителгән) | 1 | 90 | $6 \cdot 10^{3}$ |
| Өслеге тирәсендәге температура (урта киңлекләрдә)<br>$T_{max}$ K<br>$T_{min}$ K | <br><br>310<br>240 | <br><br>735<br>735 | <br><br>270<br>200 |

## XI. Җир төркемендәге планеталарның иярченнәре

| Исеме | Номеры | Ачылган елы | Зур ярымкүчәр ($10^3$ км) | Периодик (тәүлек) | Зурлыгы (км) |
|---|---|---|---|---|---|
| *Җир иярчене* | | | | | |
| Ай | | — | 384,4 | 27,32166 | 3475 |
| *Марс иярченнәре* | | | | | |
| Фабос | I | 1877 | 9,4 | 0,3125 | 27×22×18 |
| Деймос | II | 1877 | 23,5 | 1,2625 | 15×12×10 |

## XII. Иң якты йолдызларның исемнәре

| | | | |
|---|---|---|---|
| Альдебаран | Үгезбозау α сы | Кастор | Игезәкләр α сы |
| Альтаир | Каракош α сы | Поллукс | Игезәкләр β сы |
| Антарес | Чаян α сы | Процион | Кече Эт α сы |
| Арктур | Үгез Көтүчесе α сы | Регул | Арыслан α сы |
| Бетельгейзе | Орион α сы | Ригель | Орион β сы |
| Вега | Лира α сы | Сириус | Зур Эт α сы |
| Денеб | Аккош α сы | Спика | Кыз йолдызлыгы α сы |
| Капелла | Йөкче α сы | Тимерказык | Кече Җидегән α сы |

## XIII. Россиядә күзәтелә торган иң якты йолдызлар турында төп мәгълүматлар

| Тәртип номеры | Йолдызның исеме | Экваториаль координатлары | | Күренмә йолдызча зурлыгы, $m$ | Спектраль класс | Температурасы, К | Яктыртучанлыгы ($L = 1$) | Массасы ($M = 1$) | Радиусы ($R = 1$) | Ераклыгы, якт. елы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Туры күтәрелеше, $\alpha$ | Авышлыгы, $\delta$ | | | | | | | |
| 1 | Альдебаран | $04^{сәг}\ 34^{м}$ | +16°28′ | 0,9 | K5 | 3500 | 150 | 5 | 40 | 65 |
| 2 | Альтаир | $19^{сәг}\ 49^{м}$ | +08°48′ | 0,9 | A5 | 10 000 | 10 | 2 | 1,6 | 17 |
| 3 | Антарес | $16^{сәг}\ 28^{м}$ | −26°23′ | 1,2 | M0 | 3000 | 14 000 | 19 | 500 | 650 |
| 4 | Арктур | $14^{сәг}\ 14^{м}$ | +19°19′ | 0,2 | K0 | 4000 | 100 | 4 | 22 | 36 |
| 5 | Бетельгейзе | $05^{сәг}\ 53^{м}$ | +07°24′ | 0,6 | M0 | 3000 | 9000 | 20 | 400 | 430 |
| 6 | Вега | $18^{сәг}\ 36^{м}$ | +38°47′ | 0,1 | A0 | 11 000 | 50 | 3 | 3 | 26 |
| 7 | Денеб[1] | $20^{сәг}\ 40^{м}$ | +45°10′ | 1,3 | A2 | 10 000 | 252 000 | 15 | 50 | 3000 |
| 8 | Капелла | $05^{сәг}\ 14^{м}$ | +45°58′ | 0,1 | G0 | 5 200 | 100 | 3 | 16 | 43 |
| 9 | Кастор | $07^{сәг}\ 33^{м}$ | +31°57′ | 2,0 | A0 | 10 000 | 26 | 3 | 2,5 | 45 |
| 10 | Поллукс | $07^{сәг}\ 43^{м}$ | +28°05′ | 1,2 | K0 | 4600 | 33 | 3,5 | 11 | 34 |
| 11 | Процион | $07^{сәг}\ 38^{м}$ | +05°17′ | 0,5 | F5 | 7000 | 10 | 1,5 | 2 | 11 |
| 12 | Регул | $10^{сәг}\ 07^{м}$ | +12°05′ | 1,3 | B8 | 13 000 | 154 | 5 | 4 | 84 |
| 13 | Ригель | $05^{сәг}\ 13^{м}$ | −08°14′ | 0,3 | B8 | 12 000 | 45 000 | 20 | 90 | 820 |
| 14 | Сириус | $06^{сәг}\ 44^{м}$ | −16°41′ | −1,6 | A0 | 10 000 | 22 | 3 | 1,7 | 8,7 |
| 15 | Спика | $13^{сәг}\ 23^{м}$ | −11°02′ | 1,0 | B2 | 17 000 | 2000 | 15 | 7 | 260 |
| 16 | Тимерказык | $02^{сәг}\ 07^{м}$ | +89°09′ | 2,1 | F8 | 6000 | 5100 | 10 | 70 | 650 |

[1] Бу ак кәрлә йолдыз — безнең күк йөзендәге якты йолдызларның иң ерагы.

## XIV. Рефератлар өчен үрнәк темалар

1. Галәм турында күзаллауларның үсеше.
2. Космосны үзләштерүдә иң мөһим казанышлар.
3. Җир — Кояш системасындагы планета.
4. Венера һәм Марсның табигате.
5. Кометалар һәм аларның табигате.
6. Кояш һәм Җирдәге тереклек.
7. Нәрсә ул йолдызлар?
8. Галактикалар дөньясы.
9. Кеше Галәмне ничек һәм ни өчен өйрәнә?
10. Без Галәмдә бер ялгызыбызмы?

## XV. Тәкъдим ителә торган әдәбият исемлеге

**А.** *Астрономиядәге һәм космонавтикадагы, шулай ук аларның тарихына караган төрле мәсьәләләр буенча белемнәрегезне тулыландыру өчен түбәндәге китапларны укый аласыз:*


Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной.— М.: Наука, 1980.

Гурштейн А. А. Извечные тайны неба.— М.: Просвещение, 1991.

Дубкова С. И. История астрономии.— М.: Белый город, 2002.

Еремеева А. И. Астрономическая картина мира.— М.: Наука, 1984.

Климишин И. А. Элементарная астрономия — М.: Наука, 1991.

Кононович Э. В. Солнце — дневная звезда.— М.: Просвещение, 1982.

Левитан Е. П. Физика Вселенной.— М.: УРСС, 2003.

Левитан Е. П. Эволюционирующая Вселенная.— М.: Просвещение, 1993.

Левитан Е. П. Как открывали Вселенную.— М.: Аргументы и факты, 2003.

Моше Д. Астрономия.— М.: Просвещение, 1985.

Мур П. Астрономия с Патриком Муром.— М.: Гранд, 1999.

Новиков И. Д. Как взорвалась Вселенная.— М.: Наука, 1988.

Паркер Б. Мечта Эйнштейна.— СПб.: Амфора, 2001.

Сикорук Л. Л. Телескопы для любителей астрономии.— М.: Наука, 1990.

Хокинг С. Краткая история времени.— СПб.: Амфора, 2001.

Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум.— М.: Наука, 1980.


**Б.** *Астрономик күзәтүләрне башкару, шулай ук астрономия һәм космонавтика буенча белемнәрне, йолдызлы күк йөзен, Ай һәм планета турында материалларны сез түбәндәге китаплардан һәм ярдәмлекләрдән таба алырсыз:*


Большая детская энциклопедия.— М.: Русское энциклопедическое общество, 1999.

Дубкова С. И. Прогулки по звездному небу.— М.: Белый город, 2002.

Герасютин С. А., Левитан Е. П. России звездные сыны: Малая энциклопедия космонавтики.— М.: Гелиос, 2001.

Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии.— М.: УРСС, 2002.

Левитан Е.П. Астрономия от А до Я: Малая детская энциклопедия.— М.: Аргументы и факты, 1999.

Левитан Е.П. Космонавтика от А до Я: Малая детская энциклопедия.— М.: Аргументы и факты, 2001.

Человек и Вселенная: Атлас.— М.: ПКО «Картография», 1994.

Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия.— М.: Аванта+, 1997.

**В.** *Рефератлар язганда астрономия һәм космонавтика турында мәгълүматларны Россия Фәннәр академиясенең «Земля и Вселенная» исемле фәнни-популяр журналында һәм «Звездочет» журналында табарсыз.*

**Г.** *Астрономия буенча мәсьәләләр чишәргә ураткан укучыларга түбәндәге җыентыкларны тәкъдим итәбез:*

Гусев Е.Б. Сборник вопросов и качественных задач по астрономии.— М.: Просвещение, 2003.

Субботин Г.П. Сборник задач по астрономии.— М.: Аквариум, 1997.

Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями.— М.: УРСС, 2002.

## XVI. Астрономиягә нисбәтле болгар-татар һәм шәрык сүзләре*

*(төрле чыганаклардан)*

*Айара* — иске Ай бетеп яңа Ай туганчы булган ара.
*Айгыр, Ачык йолдыз* — Сириус.
*Акбузат* — Кече Җидегәннең γ йолдызы; Тимерказык белән янәшә күренә.
*Алтын йолдыз* — Венера.
*Ат йолдызы, Тулпар* — Пегас, Тулпар.
*Әл-идада* — алидада.
*Бәдер, Маһибәдәр* — 14 көнлек (тулган) Ай.
*Бәһрам* — Марс.
*Бөреҗ* — зодиак билгесе.
*Вактеззоһер* — төш вакыты.
*Гокдә* — чат, төен.
*Голүме нөҗүм* — астрономия
*Горрә* — 1 көнлек Ай.
*Горрәлек, горрәнамә* — (айлык) календарь.
*Гуг юлы* — Киек Каз Юлы.
*Гыйшаэ* — Кояш баю кызыллыгы беткәннән соңгы вакыт.
*Даирәи котбия* — поляр түгәрәк, котып түгәрәге.
*Дәкыйка* — минут; градус.
*Елдырык* — Зур Эт (йолдызлык).
*Зөхәл* — Сатурн.
*Зөһрә* — Венера.
*Игътидал* — язгы көн-төн тигезләшү мизгеле.
*Икълим* — климат поясы.
*Истива* — тигезлек; экватор.
*Ихтиляф манзар* — параллакс.
*Камәри ай* — Ай елы исәбендәге ай (Лунный месяц).
*Камәрия елы* — Ай елы (исәбе).
*Кече Чулпан* — Меркурий.
*Койрыклы йолдыз* — комета.
*Котбе шимали* — төньяк полюс (котып).
*Котбе җәнүби* — көньяк полюс (котып).
*Кыйбла* — кәгъбәгә юнәлеш; көньяк.
*Кыйбланамә* — компас.
*Кәүкәб* — йолдыз.
*Көзге сәвия* — көзге көн-төн тигезләшү мизгеле.
*Көн* — Кояш.

---

* XV һәм XVI кушымталар дәреслекнең тәрҗемәчесе, язучы А.К. Тимергалин тарафыннан төзелде.

*Көнтугыш* — көнчыгыш.
*Көррәи әрыз* — Җир шары; глобус.
*Кәсуф көлли* — Кояшның тулысынча тотылуы.
*Кәсуф җөзьи* — Кояшның өлешчә тотылуы.
*Күк чыгыры* — күк гөмбәзе.
*Күкбүзат* — Кече Җидегәннең ε йолдызы; Тимерказыктан исәпләгәндә өченче йолдыз.
*Күремче йолдызчы* — астролог.
*Матләгъ* — күк яктырткычының чыгу (калку) урыны.
*Маһ* — (күктәге) Ай.
*Микъяс* — гномон; масштаб.
*Микънатис* — магнит, инә ташы.
*Миляди ел* — Раштуадан исәпләнгән ел.
*Минкалә* — транспортир.
*Минтака* — климат поясы.
*Минтакаи баридә* — салкын пояс.
*Минтакаи могтәдилә* — урта пояс.
*Минтакаи харрә* — эссе пояс.
*Мистар* — линейка.
*Мушел* — 12 еллык цикл.
*Мәгъриб* — көнбатыш; Кояш бата торган тараф.
*Мәел* — авышу.
*Мәрих* — Марс.
*Мәсихи елы* — христиан елы.
*Мәрсад* — обсерватория.
*Мәшрикъ* — көнчыгыш.
*Мөгаддил ан-нәһар* — экватор («көнне тигезләүче»).
*Мөкабәлә* — кара-каршы тору; күк яктырткычларының оппозициясе.
*Мөнәҗҗим* — астроном; астролог.
*Мөсәлләсат* — тригонометрия.
*Мөштәри* — Юпитер.
*Назурә* — телескоп; бинокль.
*Нисфе ләел* — төн уртасы.
*Нисфе нәһар* — төш вакыты; көн уртасы.
*Нәһар* — көн, көндез.
*Рабига* — секундның 1/[illegible] өлеше, кварта.
*Расыйд* — астроном, күзәтүче.
*Рузнамә* — көндәлек, календарь.
*Румия хисабы* — Рим (Юлиан, Юлий) календаре.
*Рәсад ханә* — обсерватория.
*Салисә* — секундның $^{1}/_{60}$ өлеше, терция.
*Сания* — секунд.
*Су йолдыз* — Меркурий.
*Сәйяр (ә)* — планета.
*Сәнәи камәрия* — Ай елы.
*Сәнәи миладия* — Миляди ел.
*Сәнәи шәмсия* — Кояш елы.
*Сәнәи һиҗрия* — һиҗри ел.
*Сәхәр* — таң ату.
*Сәрәйя* — Җидегән йолдыз.
*Таң йолдызы* — Венера.
*Тул* — төшлек сызыгы; географик озынлык.
*Туле гарби* — көнбатыш озынлыгы.
*Туле шәркый* — көнчыгыш озынлыгы.
*Туфрак йолдыз* — Сатурн.
*Тәкъвим* — календарь; эфемерида.
*Тәрбигъ* — 1. квадратура; 2. 1 яки 3 атналык Ай, Ай чиреге.
*Тәсдис* — гексагональ аспект.
*Тәслис* — өч почмаклы аспект.
*Ут йолдыз, Кызыл йолдыз* — Марс.
*Фәләк* — күк йөзе, күк гөмбәзе.
*Фәләк михрабы* — горизонт.
*Фәләкият* — күк турындагы фән.
*Фәҗер* — таң, шәфәкъ (таң атып Кояш чыкканга кадәр булган ара).
*Хат гомуди* — вертикаль сызык.
*Хат офыкый* — офык сызыгы, горизонталь сызык, ятма сызык.
*Хәмәл хисабы* — хайван исемнәре белән аталган төрки-монгол календаре.
*Хәрәкәт дәверания* — әйләнү хәрәкәте.
*Хәтты истива* — экватор сызыгы.
*Хәтты нисфыннәһар* — меридиан сызыгы.
*Чабан (Көтүче) йолдызы* — Венера.
*Чулпан (Чапан, Чабан)* — Венера.

*Чүмеч йолдыз* — Зур Җидегән.
*Шиһаб* — метеор.
*Шәкел* — форма; фигура.
*Шәмсия елы* — Кояш елы.
*Шәһер* — Ай елының ае (вакыт турында; к. камәри ай).
*Эңгер йолдызы* — Венера.
*Язгы сәвия* — язгы көн-төн тигезләшү мизгеле.
*Әвернә* — Аккош.
*Әстерлаб* — астролябия.
*Әхтәр* — 1. йолдыз. 2. йолдызлар буенча язмышны билгеләү.
*Әүҗ* — апогей, иң югары нокта.
*Әҗраме голувия, әҗраме сәмавия* — күк җисемнәре.
*Өлкәр* — Иләк (йолдызлар төркеме).
*Өч архар* — Орион.
*Җәзер* — диңгез суының кире кайтуы, чигенеше.
*Һиҗри елы* — һиҗрәттән алып исәпләнә торган ел.
*Һилял* — Айның беренче чиреге, Яңа туган Ай.
*Һәйәт гыйлеме* — космография; астрономия.
*Һәйәт шинас* — астроном, астрономия белгече.

## XVII. Борынгы болгар-татарларда астрономия

Татар халкының борынгы бабалары Идел буенда төзегән Болгар дәүләтендә (IX — XV йөзнең беренче яртысы) астрономия фәненең ныклы тамыр җибәргән булуы тарихи чыганакларда ачык чагылыш таба. Шунысы ачык, монда астрономия зарури тормыш ихтыяҗларыннан барлыкка килгән. Болгар Йорты 922 елда рәсми рәвештә Ислам динен кабул иткәннән соң, дин тотучыларга һәм, бигрәк тә, дин әһелләренә, моңарчы очрамаган гамәли мәсьәләләрне хәл итәргә туры килә. Ислам дине туган гарәп илләрендә, экваторга якынрак булулары сәбәпле, көн белән төн озынлыклары арасындагы аерма бездәге кебек күзгә ташланмый, эңгер-меңгер вакыты кыскарак һәм төннәр караңгырак була. Шуңа күрә монда кичен яңа туган Ай урагын күреп алу һәм «неомения» мизгелен билгеләү җиңелрәк. Ә календарь ай исәбе шул мизгелдән башлана һәм, әйтик, уразага керү көне дә ачыкланган була. Көньяк географик киңлекләрдә дин таләп иткән биш вакыт намаз вакытларын билгеләү ансатрак, вакыт агышы да бертөрлерәк, даимирәк булып тоемлана, безнең яклардагы кебек җәйге иң кыска төннәр чорында ясигъ һәм иртәнге намазлар арасындагы вакыт (кичке шәфәкъ сүнеп, таң яктылыгы җәелгәнгә кадәр булган вакыт, ягъни астрономик эңгер-меңгер вакытлар арасы) ул кадәр кыска түгел һәм мөселманнарга йоклап ял итәрлек ара кала. Хәлбуки, Болгар мәзиннәренең шушы ике намаз вакытын бутаулары ислам дине рәсмиләштерелгән елны ук мәгълүм була һәм Болгарга килгән гарәп илчелегенең сәркатибе Ибне Фазлан үзенең тәфсилле юлъязмасында бу фактны теркәп куярга онытмый. Икенчедән, Болгар Җирендә җәйге көннәрнең озынлыгы 17 сәгатькә җитүе сәбәпле, рамазан ае шушы чорга туры килгән елларда ураза тоту физиологик яктан аеруча кыенлык тудырган һәм төгәл вакыт исәбенең әһәмияте тагын да арткан. Дөрес, ул заманнарда хәзерге кебек сәгатьләр булмаган, вакытны вертикаль (текә) утыртылган казыкның (гномон) күләгәсенә һәм күктәге Кояшның биеклегенә, ә төннәрен Зур Җидегән чүмеченең торышына карап чамалаганнар.

Шуңа күрә XIV гасырда Болгарда яшәгән мөнәҗҗим (астроном) Мәсгуд әл-Болгариның, астрономия кораллары кулланып, намаз вакытларын ачыклау белән шөгыльләнүе бик табигый, чөнки моны тормыш

ихтыяҗлары таләп иткән. Мәсгуд әл-Болгариның нинди кораллардан һәм әсбаплардан файдалануын анык белмәсәк тә, без шул чордагы фәнни әдәбият буенча аларны күз алдына китерә алабыз.

Мәшһүр Птолемейның (II гасыр) энциклопедик хезмәте «Альмагест» (Әл-Мәҗистый) грек теленнән гарәпчәгә IX йөз башларында ук тәрҗемә ителә һәм соңыннан гарәп галимнәре Әл-Баттани (850 — 929), Әл-Фараби (870 тирәсе — 950), Әбү-Вафа(940 — 998), Әл-Бируни (973 — 1050) һ. б. тарафыннан тулыландырыла, аңа күп санлы комментарийлар языла.

Әл-Фарабиның «Альмагест»ка комментарийлар китабы бу яктан аеруча игътибарга лаек. Аның китабында, мәсәлән, иң гади гномоннарны (микъяс) куллану, котыпның биеклеген үлчәү ысуллары, күк яктырткычларының торышын үлчәү өчен «зат әлхалак» (армилляр сфера) дигән коралны ничек ясарга икәнлеге тәфсилләп аңлатыла.

Гомумән, Идел буенда Болгар дәүләтенең чәчәк ату чоры Шәрык илләрендә төрле фәннәр, шул исәптән астрономия бик нык алга киткән вакытларга туры килә. Сәбәбе гади. Нәкъ менә шушы чорда Болгарның гарәп илләре белән мәдәни һәм рухи-идеологик элемтәләре ныгый, шунсыз Идел-Урал буйларында ислам бу кадәр тиз тарала алмаган булыр иде. Димәк, күп санлы Болгар шәкертләре Шәрык илләрендә һәм Урта Азиядә укып белем алган булырга тиеш, ә туган илгә кайткач, алар яңа мәчет-мәдрәсәләр ачып, халык арасына мәгърифәт нуры чәчкәннәр. Гыйлем чыганагы — китапны алар, әлбәттә, гарәп илләреннән алып кайтканнар, күбесен күчереп язганнар.

Гарәп астрономиясенең казанышлары якын-тирә илләрдәге һәм хәтта ерак Көнбатыш Европадагы фән үсешенә дә көчле йогынты ясый. Моны дәлилләү өчен, бүгенге астрономиядә йөзләрчә термин һәм атамаларның гарәпчәдән алынганлыгын әйтү дә җитә (азимут, Алголь, альмукантарат, Альтаир, Бетельгейзе, Вега, зенит, надир һ. б. бик күп сүзләр).

Тимерләнкнең (Аксак Тимер) оныгы, мәшһүр Олугбәк Сәмәрканд янында 1428—1429 елларда үзе төзеткән обсерваториядә гаять зур фәнни уңышлар казана. Аның обсерваториясе өч катлы түгәрәк бина рәвешендә төзелеп, 42,9 м радиуслы алыптай секстант, горизонталь түгәрәк һ. б. әсбаплар белән җиһазланган була. Олугбәк монда 1018 йолдызның гаҗәеп төгәл каталогын төзи.

Болгарларга, гарәп чыганакларыннан тыш, Йосыф Баласагуниның төрки телдәге «Котадгу белек» исемле поэмасы (XI гасырның икенче яртысы) мәгълүм булган дип уйларга кирәк. Бу поэмада, башка белемнәр белән беррәттән, Җиде планета (Кояш һәм Айны да кертеп) һәм унике зодиак йолдызлыгы телгә алына, ягъни астрономик мәгълүматлар дөньяви әдәбиятка да үтеп кергән була. «Борынгы төрки тел сүзлеге»ндә,— ә ул төрки телдәге кулъязма китапларга нигезләнгән,— астрономиягә һәм календарьга нисбәтле атамалар һәм терминнар гадәттән тыш күп.

Болгар астрономнары алдында торган тагы бер практик мәсьәлә — мәчетләрнең михрабын кыйблага каратып төзү булган. Бу очракта да сферик астрономия башлангычларыннан хәбәрдарлык соралган. Ихтимал, болгар төзүчеләре компастан (кыйбланамә) файдалана белгәннәрдер. Шунысын да әйтеп китик, еш кына михрабны көньякка карату белән чикләнгәннәр, шуның аркасында, намаз укыганда туп-туры кәгъбәгә карау өчен мәчет идәнендә төгәл юнәлешне күрсәтә торган сызыклар сызарга да туры килгән булырга тиеш.

Болгар астрономнары, географик киңлек (Тимерказыкның биеклеге) үзгәрешен ачыклау, көн-төн озынлыкларын чагыштыру һәм, бик ихтимал, «ак төннәр» белән якыннан танышу, кышкы төннәрдә мәһабәт котып балкышларын күзәтү өчен, төньякка 700 чакрымнарга сәяхәт иткәннәр (1135 елда Болгарга сәяхәт ясаган Әбү-Хәмид әл-Әндәлүси хәбәре).

Әл-Фарабиның комментарийлар (шәрехләр) китабында бу мәсьәләләрнең күбесе теоретик яктан ныклап тикшерелә. Мәсәлән, 55 градус киңлектәге төбәкләрдә, ягъни безнең тирәләрдә, иң озын төннең 17,15 сәгать булырга тиешлеге хисаплап бирелә. Аңарга көн 24 сәгатькә сузыла торган киңлекләр дә мәгълүм, ул котыпта көн белән төннең 6 шар ай дәвам итәргә тиешлеген дә белә.

Төньякка сәяхәт иткән болгар астрономнары менә шушы теоретик белемнәрне практикада тикшерә алганнар, ә ак төннәр һәм котып балкышы кебек күренешләр гарәп астрономнары өчен дә яңалык булган дип уйларга кирәк.

Вакытны әйберләрнең күләгәсенә карап исәпләүнең эзләре дини күрсәтмәләрдә безнең көннәргәчә килеп җиткәнлеген дә әйтеп китик. Мәсәлән, дин китапларында «икенде вакыты — һәрнәрсәнең күләгәсе, төш вакытындагы күләгәсеннән башка, үз озынлыгы кадәр ике өлеш озайганнан башлап Кояш тәмам баеп беткәнгә кадәр» дип күрсәтелә.

## *XVII. ТЕРМИННАР ҺӘМ АТАМАЛАР КҮРСӘТКЕЧЕ*


Абсолют кара җисем (абсолютно черное тело) 107
АДАМС 44
АМБАРЦУМЯН 166
Ай (Луна) 55—59
  Ай тетрәүләр (лунотрясения) 67
  Ай токымнары (лунные породы) 66
  Ай фазалары (лунные фазы) 56
  Айның күренмә хәрәкәте (видимое движение Луны) 57
  — табигате (природа Луны) 60—62
  — өслеге (поверхность Луны) 63—66
  — эчке төзелеше (внутреннее строение Луны) 67
Ай (месяц)
  сидерик ай (сидерический месяц) 57
  синодик ай (синодический месяц) 56
ак кәрләләр (белые карлики) 139
апекс 160
апогей 41
апоселений 41
АРИСТАРХ САМОССКИЙ 195
АРИСТОТЕЛЬ 36
АРХИМЕД 195
астероидлар (астероиды)
  астероид пояслары (Төп пояс, Койпер поясы) (пояса астероидов, Главный, Койпера) 91, 92
  астероидларны ачу (открытие астероидов) 91
  астероидларның Җир белән бәрелешүләре (столкновения астероидов с Землей) 92
  астероидларның орбиталары (орбиты астероидов) 92
астрограф 6
астронавтлар (астронавты) 66, 193
астрономик берәмлек (астрономическая единица) 41
астрономия 5
астрономиянең башка фәннәр белән бәйләнеше (связь астрономии с другими науками) 8—11

борынгы астрономия (древняя астрономия) 35, 36
галактикадан тыш астрономия (внегалактическая астрономия) 161
һәрдулкынлы астрономия (всеволновая астрономия) 8
афелий 41
БЕЛОПОЛЬСКИЙ 89
болид 10
БРУНО 37
ВАКЫТ (время)
жирле вакыт (местное время) 26
бөтендөнья/Гринвич вакыты (всемирное/гринвическое время) 26
җәйге вакыт (летнее время) 27
Мәскәү вакыты (московское время) 27
пояс вакыты (поясное время) 27
ВИЛЬСОН 174
ВСЕХСВЯТСКИЙ 90
ГАГАРИН 54, 104
Галактика 5, 154
Галактиканың составы (состав Галактики) 154
Галактиканың төзелеше (строение Г.) 157—159
Галактиканың әйләнүе (вращение Г.) 159
Галактикада йолдызларның хәрәкәте (движение звезд в Галактике) 159
Галактиканың һәм йолдызларның яше (возраст Галактики и звезд) 177, 178
галактикалар (галактики) 5, 154
галактикалар системасы (системы галактик) 167, 168
галактикалар тупланышы (скопления галактик) 167
галактикаларны ачу (открытия галактик) 161
галактикаларның ераклыгы (расстояния до галактик) 161
галактикаларның массалары (массы галактик) 162
спираль галактикалар (спиральные галактики) 162
эллиптик галактикалар (эллиптические галактики) 162
төзек булмаган галактикалар (неправильные галактики) 165
тәэсир итешүче галактикалар (взаимодействующие галактики) 165
галактикаларның җирле төркеме (системасы) (местная группа или система галактик) 167
галактикаларның үтә зур супертупланышлары (гигантские сверхскопления галактик) 168
Галәм (Вселенная) 5
Галәмдә гакыл ияләре (разум во Вселенной) 188 190
Галәмдә тереклек (жизнь во Вселенной) 186 188
Галәмнең изотронлыгы (изотронность Вселенной) 170
ГАЛИЛЕЙ 38, 39, 89, 154
ГАЛЛЕ 44
ГАМОВ 174
географик координаталар (географические координаты) 19, 26
киңлекне билгеләү (определение широты) 22 25
озынлык һәм вакыт (долгота и время) 26, 27
ГЕРШЕЛЬ 43
ГЕРЦШПРУНГ 139
ГИППАРХ 120
ДЕМОКРИТ 195
диффуз материя (диффузная материя) 178
Доплер эффекты (эффект Доплера) 133, 170
дөнья полюсының биеклеге (высота полюса мира) 22, 23
дөньяның астрономик картинасы (астрономическая картина мира) 9
ЕВДОКС КНИДСКИЙ 195
Ел (год) 28
гади ел (простой год) 28
ел исәбе (летосчисление) 28
кәбисә ел (високосный год) 28
тропик ел (тропический год) 28
Җир (Земля) 54, 55
Җирнең күчәр тирәсендә әйләнүе (вращение Земли) 55
Җирнең Кояш тирәсендә әйләнүе (обращение Земли) 55
Җирдә ел фасыллары алмашыну (смена времен года) 55

Җирдән читтәге цивилизацияләр (внеземные цивилизации) 188
Законнар (законы)
бөтендөнья тартылу законы (закон всемирного тяготения) 43
Вин законы (закон Вина) 107
Кеплер законнары (законы Кеплера) 40—42
Стефан — Больцман законы (закон Стефана — Больцмана) 106
Хаббл законы (Хаббл законы) 171
Кояш системасындагы закончалыклар (закономерности в солнечной системе) 43
Ионосфера 174
Йолдыз тупланышлары (звездные скопления) таркау йолдыз тупланышлары (рассеянные звездные скопления) 154
шарсыман йолдыз тупланышлары (шаровые звездные скопления) 154
Йолдызлар (звезды)
йолдызларга кадәр ераклыклар (расстояния до звезд) 127
йолдызларда «масса — яктыртучанлык» нисбәте (соотношение масса — светимость) 141
йолдызларның барлыкка килүе һәм эволюциясе (происхождение и эволюция звезд) 178, 190
йолдызларның күренми торган иярченнәре (невидимые спутники звезд) 145
йолдызларның массасы (масса звезд) 138, 143, 144
йолдызларның нейтрино нурланышы (нейтринное излучение звезд) 151
йолдызларның нур буенча тизлеге (лучевая скорость звезд) 132
йолдызларның радиуслары (радиусы звезд) 138
йолдызларның спектрлары (спектры звезд) 136
йолдызларның тангенциаль тизлеге (тангенциальная скорость звезд) 132
йолдызларның төп эзлеклелеге (главная последовательность звезд) 140, 155, 179
йолдызларның төсе һәм температурасы (цвет и температура звезд) 135, 136
йолдызларның уртача тыгызлыгы (средняя плотность звезд) 139
йолдызларның үз хәрәкәтләре (собственные движения звезд) 132
йолдызларның фәзадагы тизлеге (пространственная скорость звезд) 132
йолдызларның химик составы (химический состав звезд) 136
йолдызларның яктыртучанлыгы (светимость звезд) 130, 137
йолдызларның яктырыш кәкресе (кривая блеска звезд) 143
гигант йолдызлар (звезды-гиганты) 138
кабатлы йолдызлар (кратные звезды) 142, 154
кәрлә йолдызлар (звезды-карлики) 138
йолдызлы күк йөзенең күчмә картасы (Подвижная карта звездного неба, ПКЗН) 4, 208—209
нейтрон йолдызлар (нейтронные звезды) 150
озын периодлы йолдызлар (долгопериодические звезды) 148, 149
оптик куш йолдызлар (оптически двойные звезды) 142
спектраль-куш йолдызлар (спектрально-двойные звезды) 143
супергигант йолдызлар (сверхгиганты) 138
суперяңа йолдызлар (сверхновые звезды) 150
тотылышлы куш йолдызлар (затменно-двойные звезды) 143

тотылышлы үзгәрүчән йолдызлар (затменно-переменные звезды) 143
физик куш йолдызлар (физически двойные звезды) 142, 145
цефеидлар 146—148
цефеидларның «период — яктыртучанлык» бәйлелеге (зависимость «период — светимость») 147, 148
яңа йолдызлар (новые звезды) 149
Йолдызлыклар (созвездия) 12—14
калка һәм бата торган йолдызлыклар (восходящие и заходящие созвездия) 18
зодиакаль йолдызлыклар (зодиакальные созвездия) 48, 49
калыкмый торган йолдызлыклар (невосходящие созвездия) 18
батмый торган йолдызлыклар (незаходящие созвездия) 18
Йолдызлы күк йөзенең күчмә картасы (подвижная карта звездного неба ПКЗН) 4, 208—209
«Кайнар Галәм» («горячая Вселенная») 174
Календарь
Кояш календаре (солнечный календарь) 28
Юлий календаре (юлианский календарь) 28
Григорий календаре (григорианский календарь) 28
КАНТ 183
Кара упкыннар (черные дыры) 180
каталоглар (каталоги) 162
квазарлар (квазары ) 166,167
КЕПЛЕР 39,40—42
Киек Каз Юлы (Млечный Путь) 154
килопарсек 128
коллапс 180
Кометалар (кометы)
тышкы күренешләре, төзелешләре (вид, строение комет) 95
кометаларны ачу (открытие комет) 95, 96
кометаларның орбиталары (орбиты комет) 96
кометаларның табигате (природа комет) 98,99
кометаларның таркалуы (разрушение комет) 100
коронограф 115
корпускулалар (корпускулы) 115
космик гипотезалар (космические гипотезы) 183, 184
космик нурлар (космические лучи) 157
«Хаббл» космик телескобы (космический телескоп Хаббла) 205
космогония 177
космология 175
космонавтика 11, 54
котып балкышлары (полярные сияния) 125, 126
Кояш (Солнце)
еллык хәрәкәте (годичное движение) 21, 22
Җирдәге тереклеккә йогынтысы (роль в жизни на Земле) 103
телескоптан күренеше (вид в телескоп) 103
үз күчәрендә әйләнүе (вращение) 104
физик характеристикалары (физические характеристики) 105, 106
химик составы (химический состав) 107
спектры (спектр Солнца) 107
Кояш константасы (солнечная постоянная) 105
фотосфера 109
хромосфера 112, 113
таҗы (корона Солнца) 115
гранулалар (гранулы) 109
таплар (пятна) 110, 111
унберьеллык цикл (одиннадцатилетний цикл) 111
фотосфера факеллары (фотосферные факелы) 112
кабынышлар (вспышки) 113—115
протуберанецлар (протуберанцы) 115
өстәмә таҗ (сверхкорона) 116
активлык (активность) 116, 117

энергия чыганаклары (источники энергии) 118, 119
эчке төзелеше (внутреннее строение) 120, 121
Кояш энергиясеннән файдалану (использование солнечной энергии) 122
Кояш җиле (солнечный ветер) 125
Кояш системасы (солнечная система) 5, 31
ераклыкларны билгеләү (определение расстояний) 48, 49
күк җисемнәренең зурлыгын билгеләү (определение размеров небесных тел) 50, 51
күк җисемнәренең массасын билгеләү (определение масс небесных тел) 46
Кояш системасындагы җисемнәрнең яше (возраст тел солнечной системы) 182
Кояш хезмәте (Служба Солнца) 126
Кояшның нейтрино нурланышы (нейтринное излучение Солнца) 119
Көннәр (дни)
язгы һәм көзге көн-төн тигезлеге (дни весеннего и осеннего равноденствия) 21
кышкы һәм җәйге Кояш торгынлыгы көне (дни зимнего и летнего солнцестояния) 21
көрән төстәге кәрлә йолдызлар (коричневые карлики) 201
Куш планеталар (двойные планеты)
Җир — Ай 56
Плутон — Харон 69
Күзәтүләр (наблюдения)
атмосферадан тыш күзәтүләр (внеатмосферные наблюдения) 7
визуаль күзәтүләр (визуальные наблюдения) 5, 6
Җирдән торып күзәтүләр (наземные наблюдения) 7
спектраль күзәтүләр (спектральные наблюдения) 7
фотографик күзәтүләр (фотографические наблюдения) 6, 7
күк механикасы (небесная механика) 9, 43
Күк координатлары (небесные координаты)
горизонталь координаталар (горизонтальные координаты) 16, 17
экваториаль координаталар (экваториальные координаты) 10, 20
Күк сферасы (небесная сфера) 15
күк сферасында почмакларны үлчәү (угловые измерения) 16
күк сферасындагы ноктала һәм сызыклар (точки и линии) 16, 17, 19, 21
күк сферасының тәүлеклек әйләнеше (суточное вращение) 15
кыска дулкынлы нурланыш (коротковолновое излучение) 123
корпускуляр нурланыш (корпускулярное излучение) 125
ЛАПЛАС 183—184
ЛЕВЕРЬЕ 44
ЛОМОНОСОВ 39, 40
Магнит давыллары (магнитные бури) 125
МАКСВЕЛЛ 89
матдәнең дифференциациясе (дифференциация вещества) 186
Мәктәп астрономия календаре (Школьный астрономический календарь, ШАК) 4
мегапарсек 129
Метагалактика 170
Метагалактикада матдәнең уртача тыгызлыгы (средняя плотность вещества в Метагалактике) 174
Метагалактиканың киңәюе (расширение Метагалактики) 170, 172, 173
Метагалактиканың шартлавы («Олы шартлау») (взрыв Метагалактики —«Большой взрыв») 173, 174
метагалактикалар (метагалактики) 170
метеоритлар (метеориты) 93—95
метеорлар (метеоры) 99, 100
метеор җисемнәр өере (рой метеорных тел) 100
нейтраль водород (нейтральный водород) 160

НЛО 190
Обсерваториялəр (обсерватории) 5
Россия Фəннəр академиясенең төп астрономик обсерваториясе (Главная астрономическая обсерватория РАН) 5
Россия Фəннəр академиясенең Махсус астрофизик обсерваториясе (Специальная астрофизическая обсерватория РАН) 5
П. К. Штернберг исемендəге Дəүлəт астрономия институты (Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга) 5
озон катлавы (озоновый слой) 123, 124
Параллакс
горизонталь параллакс (горизонтальный параллакс) 48
еллык параллакс (годичный параллакс) 127
параллактик тайпылу (параллактическое смещение) 55
ПЕНЗИАС 174
перигей 41
перигелий 41
Период
сидерик/йолдызча период (сидерический/звездный период) 33
синодик период (синодический период) 33
периселений 41
Планеталар (планеты) 5, 31
планеталарның элмəксыман хəрəкəт итүе (петлеобразное движение планет) 31, 32
планеталарның конфигурациясе (конфигурация планет) 32, 33
гигант планеталар (планеты-гиганты) 30
күзəтү (наблюдение) 80, 81
төзелешлəре (строение) 82—85
иярченнəре (спутники) 85—89
боҗралары (кольца) 89
Җир төркемендəге планеталар (планеты земной группы) 67
күзəтү (наблюдение) 66—69
атмосфералары (атмосферы) 69—71
өслеклəре (поверхности) 72—79
протойолдызлар (протозвезды) 178
протопланета болыты (протопланетное облако) 184
пульсарлар (пульсары) 160
Радиогалактикалар (радиогалактики) 165, 166
Радионурланышлар (радиоизлучения)
Галактиканың радионурланышы (радиоизлучение Галактики) 160
Кояшның радионурланышы (радиоизлучение Солнца) 124
радиотелескоплар (радиотелескопы) 7
РАТАН-600 7
Реликт (калдык) нурланыш (реликтовое излучение) 174
реликт (калдык) нурланышның изотроп булуы (изотропность реликтового излучения) 174
Рентген нурланышы (рентгеновское излучение)
Кояшның Рентген нурланышы (рентгеновское излучение Солнца) 123
пульсарларның Рентген нурланышы (рентгеновское излучение пульсаров) 156
РЕССЕЛЛ 139
«Спектр — яктыртучанлык» диаграммасы (диаграмма «спектр — светимость») 139 — 140
Тайпылышлар (возмущения) 43
Телескоплар (телескопы)
билгелəнеше (назначение) 6
оптик телескоплар (оптические т.) 6
рефлекторлар (рефлекторы) 6
рефракторлар (рефракторы) 6
Кояш телескоплары (солнечные телескопы) 103
Тимирязев 188
Тихо 40
Томанлыклар (туманности)
диффуз томанлыклар (диффузные туманности) 155, 156
планетар томанлыклар (планетарные туманности) 155 — 157

Тотылышлар (затмения)
Ай тотылулары (лунные затмения) 58—59
Кояш тотылулары (солнечные затмения) 57—59
ФЕСЕНКОВ 184
ФРАУНГОФЕР 107
ФРИДМАН 172, 175—176
ХАББЛ 170, 171
Хаббл константасы (постоянная Хаббла) 171
химик элементларның барлыкка килүе (происхождение химических элементов) 180—188
ШМИДТ 184
Эволюция
Галәм эволюциясе (эволюция Вселенной) 174, 186, 187
Кояш һәм йолдызлар эволюциясе (эволюция Солнца и звезд) 179, 180
планеталар эволюциясе (эволюция планет) 184, 185
ЭЙНШТЕЙН 172
эклиптика 21
эллипс 40, 41
эллипсоид 55
ЭРАТОСФЕН 195
Яктылык елы (световой год) 128
«яшерен масса» (күзгә күренми торган матдә) («скрытая масса»/невидимое вещество) 175

# ЭЧТӘЛЕК


Дәреслек белән ничек эшләргә ........ 3

**I. АСТРОНОМИЯГӘ КЕРЕШ**

§ 1. Астрономия фәне ........ 5
§ 2. Йолдызлы күк йөзе ........ 12
§ 3. Йолдызлы күк йөзенең тәүлек эчендә үзгәрүе ........ 15
§ 4. Йолдызлы күк йөзенең ел әйләнәсендә үзгәрүе ........ 19
§ 5. Географик киңлекне билгеләү ысуллары ........ 22
§ 6. Вакыт үлчәүнең нигезләре ........ 26

**II. КОЯШ СИСТЕМАСЫНЫҢ ТӨЗЕЛЕШЕ**

§ 7. Планеталарның күренмә хәрәкәте ........ 31
§ 8. Кояш системасы турындагы күзаллауларның үсеше ........ 35
§ 9. Кеплер законнары — күк җисемнәренең хәрәкәт итү законнары ........ 40
§ 10. Ньютон тарафыннан Кеплер законнарын гомумиләштерү һәм аларга төгәллек кертү ........ 43
§ 11. Кояш системасындагы җисемнәргә кадәр ераклыкны һәм бу җисемнәрнең үлчәмнәрен билгеләү ........ 47

**III. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ ҖИСЕМНӘРНЕҢ ФИЗИК ТАБИГАТЕ**

§ 12. «Җир — Ай» системасы ........ 54
§ 13. Айның табигате ........ 60
§ 14. Җир төркемендәге планеталар ........ 67
§ 15. Гигант планеталар ........ 80
§ 16. Астероидлар һәм метеоритлар ........ 91
§ 17. Кометалар һәм метеорлар ........ 95

**IV. КОЯШ ҺӘМ ЙОЛДЫЗЛАР**

§ 18. Кояш турында төп мәгълүматлар ........ 103
§ 19. Кояш атмосферасының төзелеше ........ 109
§ 20. Кояшның энергия чыганаклары һәм аның эчке төзелеше ... 118
§ 21. Кояш һәм Җирдәге тереклек ........ 122
§ 22. Йолдызларга кадәр ераклыклар ........ 127
§ 23. Йолдызларның фәза (пространство) тизлекләре ........ 132
§ 24. Йолдызларның физик табигате ........ 135
§ 25. Йолдызларның физик характеристикалары арасындагы бәйләнеш ........ 139
§ 26. Куш йолдызлар ........ 142
§ 27. Физик үзгәрешле, яңа һәм суперяңа йолдызлар ........ 146

## V. ГАЛӘМНЕҢ ТӨЗЕЛЕШЕ ҺӘМ ЭВОЛЮЦИЯСЕ


§ 28. Безнең Галактика .......... 154
§ 29. Башка галактикалар .......... 161
§ 30. Метагалактика .......... 167
§ 31. Галактикаларның һәм йолдызларның килеп чыгышы һәм эволюциясе .......... 177
§ 32. Планеталарның килеп чыгышы .......... 182
§ 33. Галәмдә тереклек һәм гакыл (йомгаклау) .......... 186


*Кушымталар*


I. Астрономия тарихында кайбер әһәмиятле вакыйгалар (соңгы 6 мең ел эчендә) .......... 194
II. Космик киңлекләрне үзләштерү юлында иң мөһим даталар .......... 202
III. Грек алфавиты .......... 207
IV. Йолдызлы күк йөзенең күчмә картасы .......... 207
V. Мәктәп астрономия календаре .......... 208
VI. Җир турында төп мәгълүматлар .......... 212
VII. Ай турында төп мәгълүматлар .......... 213
VIII. Кояш турында төп мәгълүматлар .......... 214
IX. Планеталар турында төп мәгълүматлар .......... 215
X. Җир төркемендәге планеталар атмосферасының иң мөһим параметрлары .......... 216
XI. Җир төркемендәге планеталарның иярченнәре .......... 216
XII. Иң якты йолдызларның исемнәре .......... 216
XIII. Россиядә күзәтелә торган иң якты йолдызлар турында төп мәгълүматлар .......... 217
XIV. Рефератлар өчен үрнәк темалар .......... 218
XV. Астрономиягә нисбәтле болгар-татар һәм шәрык сүзләре .......... 219
XVI. Борынгы болгар-татарларда астрономия .......... 221
XVII. Терминнар һәм атамалар күрсәткече .......... 223

Учебное издание

**Левитан** Ефрем Павлович

**АСТРОНОМИЯ**

**Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений**

Казань. Издательство «Магариф». 2005

*Перевод с русского на татарский язык*

Уку-укыту басмасы

**Левитан** Ефрем Павлович

**АСТРОНОМИЯ**

**Татар урта гомуми белем бирү мәктәбенең**
**11 нче сыйныфы өчен дәреслек**

Редакторлары *Л. Х. Мөхәммәтҗанова, Л. Р. Хафизова*
Бизәлеш редакторы *Р. А. Сәйфуллина*
Техник редакторы һәм компьютерда
биткә салучысы *М. И. Данилевская*
Корректоры *С. З. Гыймалетдинова*
Рәсемнәрне компьютерда эшкәртүче *Э. Ф. Нурмөхәммәтова*

Оригинал-макеттан басарга кул куелды 28.12.2005.
Форматы 60×90¹/₁₆. Офсет кәгазе. «Школьная» гарнитурасы.
Офсет басма. Басма табагы 14,5 + форз. 0,38.
Нәшер-хисап табагы 13,77 + форз. 0,58.
Тиражы 7000 д. Заказ К 5/310.

«Мәгариф» нәшрияты. 420111. Казан, Бауман урамы, 19.
Тел./факс (843) 292-57-48.
http://magarif.kazan.ru
E-mail: magarif @ mail.ru

ДУП «Полиграфия-нәшрият комбинаты».
420111. Казан, Бауман урамы, 19.

Безнең Галактикага охшашлы ерак йолдызлар архипелагы — бүген билгеле булган күпсанлы спираль галактикаларның берсе (Европа көньяк обсерваториясендә алынган фоторәсем).

Бу йөзләгән галактикалардан яктылык нурлары безгә кадәр миллиард еллар буена чабып килгәннәр. Безнең күз алдында «бихисап йолдызлар» түгел, бәлки «бихисап галактикалар» ярылып ята (Хаббл космик телескобы ярдәмендә алынган фоторәсем).

**Е. П. Левитан**
**Астрономия, 11**

Күк яктырткычларының калкуын һәм батуын, көн белән төннең, ел фасылларының алмашынуын, кометалар пәйда булуын, йолдыз атылуын һәм башка күренешләрне аңларга һәм аңлатасыгыз килә икән, шушы дәреслекне укыгыз. Ул сезгә Галәмне ачарга, Җирдәге һәрнәрсәнең һәм төшенчәләрнең гадәти дөньясын чиксез киңәйтергә ярдәм итәр.